

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

**Výzkum a vývoj totálně produktivní údržby  
a aplikace v praxi.**

***Research and development of total productive  
maintenance and practical application***

Disertační práce

Studijní program:	P2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor:	2303V002 – Strojírenská technologie
Školitel:	doc. Ing. Josef Novák, CSc.
Doktorand:	Ing. Aleš Dresler

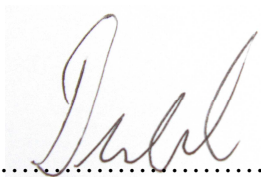
Ostrava 2011

Chtěl bych poděkovat vedení Ústavu projektování, organizace a ekonomiky strojírenské výroby za možnost vykonání své disertační práce. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům tohoto ústavu a všem zúčastněným firmám za jejich ochotu a poskytnutý čas.

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením školitele disertační práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. 6. 2011



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě disertační práci užít (§35 odst. 3).


- souhlasím s tím, že jeden výtisk disertační práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u školitele disertační práce. Souhlasím s tím, že údaje o disertační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – disertační práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. 6. 2011



.....

podpis studenta

**ANOTACE DISERTAČNÍ PRÁCE**

DRESLER, A. *Výzkum a vývoj totálně produktivní údržby a aplikace v praxi*. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní VŠB – Technická universita Ostrava, 2011, 142s, Disertační práce, školitel: Novák, J.

Disertace se zabývá výzkumem a vývojem metodiky „totálně produktivní údržby“ a jejím zavedením do praxe. V úvodu práce je představena metodika „totálně produktivní údržby“ a její předpokládaný vývoj. Pro ověření potřebnosti disertace a jejich výsledků bylo provedeno dotazníkové šetření. Praktická část práce směřuje k naplnění hlavního cíle disertace, to je snižování prostojů a ztrát v celoživotním cyklu investičního výrobního majetku. V praktické části je řešena problematika údržby z hlediska časové náročnosti zásahů, standardizovaných úkonů a standardizované dokumentace. Pro realizaci hlavního cíle byl vyvinut software pro standardizaci údržbářských postupů „NORMATIVY 2011“, který využívá data z pohybových normativů a grafické dokumentace vytvořené v software SOLID EDGE. Software „NORMATIVY 2011“ je aplikován na příkladě automatizované výrobní buňky v automobilovém průmyslu.

**ABSTRACT DISSERTATION**

DRESLER, A. *Research and Development Total Productive Maintenance and practical application*. Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, 142 p. PhD thesis, Supervisor: Novák, J.

The dissertation deals with research and development of the "totally productive maintenance", and its introduction into practice. At the beginning of the work is presented methodology "totally productive maintenance" and its expected development. To verify the necessity of the thesis and the results of their survey was carried out. The practical part of the work aspires to achieve the main goal of the thesis, it is reducing both downtime and losses in the asset lifecycle. In the practical part of the problem is solved in terms of maintenance, time-consuming interventions, standardized operations and standardized documentation. To realize the main objective of the software was developed to standardize maintenance practices „NORMATIVY 2011“, which uses data from motion graphics and normative documents created in software SOLID EDGE. Software „NORMATIVY 2011“ is applied to the example of automated manufacturing cells in the automotive industry.

**Obsah disertace**

Obsah disertace .....	2
Seznam použitých zkratk .....	4
Seznam použitého značení.....	5
Úvod.....	6
1    Přehled současného přístupu k realizaci údržby .....	7
1.1    Úvod do metodiky totálně produktivní údržby .....	9
1.1.1    Historie a vývoj údržby.....	10
1.1.2    Současný trend v údržbě .....	11
1.2    Bloky metodiky „totálně produktivní údržby“ .....	13
1.2.1    Samostatná údržba .....	13
1.2.2    Plánovaná údržba .....	15
1.2.3    Trénink pracovníků .....	17
1.2.4    Metodika hladkých přejímek .....	18
1.2.5    Zlepšování stavů strojů .....	19
1.2.6    Analýza využití strojů .....	20
1.3    Další metodiky uplatnitelné při implementaci údržby.....	22
1.3.1    Údržba orientovaná na spolehlivost.....	22
1.3.2    Metoda SIX SIGMA a zlepšovací projekty v údržbě .....	24
1.3.3    Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků .....	25
1.3.4    Ishikawův diagram příčin a následků .....	26
1.3.5    Systém efektivního hospodaření na pracovišti .....	27
1.3.6    Mapování toku hodnoty .....	30
1.3.7    Vizuální management .....	31
1.3.8    Systém neustálého zlepšování KAIZEN.....	32
2    Cíl disertace .....	34

3	Popis vlastního řešení .....	39
3.1	Průzkum potřebnosti výsledků disertace .....	39
3.1.1	Cíl průzkumu .....	39
3.1.2	Problémy v oblastech údržby.....	39
3.1.3	Hypotéza .....	40
3.1.4	Tvorba vlastního průzkumu .....	41
3.1.5	Odeslání vlastního průzkumu respondentům.....	46
3.1.6	Zaznamenání vlastního průzkumu a vyhodnocení.....	46
3.2	Vytvoření softwaru NORMATIVY 2011 .....	59
3.2.1	Průzkum trhu pro účely zjištění vhodného softwaru .....	60
3.2.2	Vyhodnocení průzkumu a volba řešení .....	61
3.2.3	Uživatelské prostředí software/databáze „Normativy 2011“ .....	62
3.3	Volba nejefektivnější metody pro stanovení spotřeby času na operace .....	70
3.3.1	Pohybové normativy dle analýzy pohybů.....	71
3.3.2	Pohybové normativy dle pohybových modelů .....	73
3.3.3	Pohybové normativy dle soustav normativů.....	76
3.3.4	Volba metodiky pro pohybové normativy .....	81
3.4	Vytvoření výchozího 3D grafického standardu .....	87
3.5	Příklad aplikace software NORMATIVY – ekonomické výsledky .....	92
3.6	Implementace údržby v buňkové výrobě.....	94
4	Diskuse výsledků .....	110
5	Zhodnocení dosažených výsledků .....	112
6	Seznam použitých pramenů .....	114
7	Seznam vlastních prací vztahující se k tématu disertace .....	116
8	Seznam obrázků .....	117
9	Seznam tabulek .....	120
10	Přílohy.....	121

**Seznam použitých zkratk**

5S	System efektivního hospodaření na pracovišti
AC	Střídavé napětí [V]
CAS	Datová základna
CEZ	Celková efektivita zařízení
CTQ	Kritické parametry kvality
DC	Stejnoseměrné napětí [V]
DFT	Diskrétní fourierova transformace
DFZ	Označení pneumatického válce
FT	Fourierova transformace
FFT	Fast Fourier Transform
FMEA	Analýza rizik
FO	Akustický senzor
IFS	Industrial and Financial Systems
MOST	Pohybové normativy dle MOST
MTM	Pohybové normativy dle MTM
OEE	Celková efektivita zařízení
PLC	Programmable Logic Controller
RCM	Údržba orientovaná na spolehlivost
SIX – SIGMA	Metoda zlepšování
SNPP	Pohybové normativy dle SNPP
TPM	Totálně produktivní údržba
VSM	Mapování toku hodnoty



**Seznam použitého značení**

$f$	Frekvence [Hz]
$h:m:s$	Hodina:minuta:sekunda [h:min:s]
$I$	Proud [A]
$m$	Hmotnost [kg]
$P$	Výkon [W]
$R$	Odpor [ $\Omega$ ]
$s$	Sekunda [s]
$T$	Teplota [ $^{\circ}\text{C}$ , $^{\circ}\text{F}$ , $^{\circ}\text{K}$ ]
$t$	Čas [s]
$T_1$	Čas práce [min]
$T_2$	Čas obecně nutných přestávek [min]
$T_3$	Čas podmíněčně nutných přestávek [min]
$T_{A1}$	Čas jednotkové práce [min]
$T_{B1}$	Čas dávkové práce [min]
$T_{C1}$	Čas směnové práce [min]
$T_D$	Osobní ztráty [min]
$T_E$	Technickoorganizační ztráty [min]
$U$	Napětí [V]
$U_1$	Stupeň zaměstnanosti [%]
$U_2$	Podíl podmíněně nutných přestávek [%]
$U_3$	Podíl zbytečné spotřeby způsobené pracovníkem [%]
$U_4$	Podíl zbytečné spotřeby způsobené technickoorganizačními ztrátami [%]
$U_6$	Procento možného zvýšení produktivity [%]
$U_7$	Procento možného zvýšení produktivity práce [%]
$U_8$	Procento možného zvýšení produktivity práce zesynchronizováním linky [%]
$v$	Rychlost [m/s]
$V$	Objem [ $\text{m}^3$ ]
$\rho$	Hustota [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$\omega$	Úhlová rychlost [rad/s]

## Úvod

Strojírenství je zahrnuto do významných odvětví průmyslu České republiky a celosvětového hospodářství. Rozvoj průmyslové výroby a požadavky trhu kladou velký důraz na kvalitu a rychlost zavádění výrobků na trh. Za těchto předpokladů je nutné vytvářet a implementovat nové technologie a metodiky do výroby. Pro zabezpečení stability celého výrobního procesu je nutné nové a stávající technologie udržovat v bezporuchovém stavu.

Disertace se zabývá implementací japonské metodiky „totálně produktivní údržby“, nazývána anglicky „total productive maintenance“ dále jen TPM. Přístup TPM zahrnuje jednak samotnou údržbu zařízení a také využívá kapacity všech pracovníků podniku s jednoznačným cílem, výrazně snížit prostoje a ztráty v celém životním cyklu zařízení [1].

Disertace bude prezentovat metodiku pro zavedení TPM s využitím pokrokových metod, které nedílně souvisí s implementací. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část je rozdělena na dvě oblasti:

- a) První oblast zahrnuje poznatky z přístupu TPM. V úvodu do TPM je naznačen historický vývoj a další směry. Dále jsou analyzovány jednotlivé bloky TPM.
- b) Druhou oblastí jsou pokrokové metody, které svým synergickým efektem umožní efektivní implementaci TPM.

Praktická část práce se bude zabývat výzkumem a vývojem metodik, které přispějí k efektivnímu zavádění TPM. Pro ověření potřebnosti řešení bude v praktické části provedeno dotazníkové šetření.

Hlavním cílem disertace je vypracování komplexního podpůrného systému umožňujícího snížení prostojů a ztrát v celoživotním cyklu investičního majetku užívaného ve výrobním procesu.

Pro dosažení hlavního cíle jsou stanoveny následující dílčí cíle:

- a) vytvoření softwaru „NORMATIVY 2011“,
- b) volba nejefektivnější metody pro stanovení spotřeby času na operce,
- c) vytvoření výchozího 3D grafického standardu.

## 1 Přehled současného přístupu k realizaci údržby

Předpokladem pro každou výrobu je bezproblémový chod výrobního zařízení. Nejruznější prostoje výroby se negativně podepisují na ceně výrobku a na ekonomickém výsledku firmy. Prostoje sebou nesou velká rizika v množství neshodných výrobků po novém rozjezdu. Neuspokojivá péče o výrobní zařízení může ovlivnit účinnost zařízení. V současné době firmy v konkurenčním boji usilují o zvyšování produktivity, a to jak u firem výrobních, tak i u nevýrobních. Jedním z prostředků pro zvyšování produktivity je přijetí přístupu TPM.

Samotný přístup TPM si v poslední době získává velkou pozornost především z toho důvodu, že se nezaměřuje pouze na předcházení poruch, ale také na redukci prostojů, defektů, zkracování doby změn sortimentu. I když je každá výroba stále více automatizována, potřeba lidské práce, a to především v údržbě, bude stále potřeba. Vyšší automatizace a složitější výrobní stroje a zařízení potřebují propracovanější údržbu. Jde často o velmi speciální znalosti a dovednosti, diagnostické nástroje, softwarovou a hardwarovou podporu [7].

Samotné prvky TPM se již stávají nedílnou součástí veškerých strojů a zařízení. Typicky nejvyspělejšími produkty, které využívají nejvíce integrovaných prvků totálně produktivní údržby nalezneme v nových automobilech, CNC strojích a automatizovaných výrobních buňkách.

Údržba strojů a zařízení, stejně jako jiné oblasti, prošla v historii vývojem. První fází byla údržba po poruše, kdy se pouze opravovaly vzniklé závady a poruchy. Dalším stupněm vývoje je údržba preventivní, tedy údržba plánovaná pro předcházení vzniku problémů. Dalším stupněm údržby je údržba produktivní, která má za cíl především hledat a odstraňovat příčiny vzniku chronických závad a poruch. TPM má navíc za úkol vypracovat a zlepšovat celý systém údržby strojů a zařízení, to znamená nejen samotnou práci prováděnou údržbáři, ale také jejich přípravu, školení operátorů pro převzetí některých údržbářských funkcí, zdokonalovat celou organizaci pro činnost výrobních zařízení. Následující tabulka ukazuje propojení jednotlivých stupňů údržby.

Tab. 1.1 Stupně údržby [14]

	TPM	Produktivní údržba	Preventivní údržba	Údržba po poruše
Opravy po poruše	•	•	•	•
Periodická prevence	•	•	•	
Technická diagnostika	•	•	•	
Optimalizace nákladů	•	•		
Využití operátorů	•			

Součástí totálně plánované údržby je 6 základních bloků:

- samostatná údržba (autonomní údržba) – orientuje se zejména na práci operátorů a výrobních týmů při údržbě svého zařízení,
- plánovaná údržba – orientuje se na údržbáře a techniky, překrývá se samostatnou údržbou, pokrývá celý životní cyklus strojů a zařízení. Také sem patří určování spolehlivosti strojů, určování spotřeby času, nové metody – diagnostika, management náhradních dílů,
- trénink pracovníků – prorůstá ostatní metody,
- metodika hladkých přejímek – snaží se o co nejmenší ztráty při zavádění nového stroje,
- zlepšování stavů strojů – snaží se o rychlé zlepšení výkonu strojů, využívá standardní prvky procesu zlepšování (analýzy problémů, týmovou práci, workshopy, prezentace) a prolíná se s jinými metodami (quick – changes, jidoka, zlepšování kvality apod.),
- analýza využití strojů – obsahuje analýzy činnosti strojů a zařízení (například ukazatel celkové efektivnosti zařízení – CEZ), hledání úzkých míst, zjišťování kvality, výpočty ztrát apod. [14].

TPM je vodítkem k dosahování následujících cílů:

- nulové neplánované prostoje – musíme být schopni zcela eliminovat možné příčiny vzniku poruch strojů, ale také zcela vyloučit možnost prostoje z důvodu čekání na materiál,

- nulové vady způsobené stavem strojů – stroje musíme udržovat v takovém stavu, aby v žádném případě a za žádných okolností neměl jejich stav vliv na zhoršení kvality produktu,
- nulové ztráty rychlosti strojů – musíme být schopni zajistit podmínky pro neustálý maximální výkon při provozu strojů [14].

V současné době je již implementace totálně produktivní údržby vnímána komplexně a je propojována řada nástrojů:

- a) údržba orientovaná na spolehlivost,
- b) metoda SIX SIGMA zlepšovací projekty v údržbě,
- c) metoda minimalizace časů při odstranění poruch,
- d) analýza možnosti vzniku vad a jejich následků,
- e) ishikawův diagram příčin a následků,
- f) systém efektivního hospodaření na pracovišti,
- g) mapování toku hodnoty,
- h) vizuální management,
- i) systém neustálého zlepšování (KAIZEN) [2].

### **1.1 Úvod do metodiky totálně produktivní údržby**

Zavádění TPM je kontinuální proces, který se rozvíjí spolu s výrobní činností podniku. Neustálé zlepšování procesů v údržbě je dáno novými technologiemi, které stále účinněji dokážou významným způsobem zvýšit produktivitu práce.

TPM zahrnuje všechny útvary podniku a představuje vzájemné propojení údržby a výroby. Pomocí popsání procesů a vztahů mezi výrobou a údržbou je možné zajistit maximální efektivnost výrobního systému. Implementací TPM je dosahováno:

- zvýšení efektivnosti zařízení,
- dosažení nulových ztrát,
- vytvoření příjemného pracovního prostředí,
- eliminace poruch a ztrát zařízení,
- zlepšování zisku firmy,
- motivování pracovníků na všech útvarech ve všech stupních řízení [14].

TPM se v současné době orientuje zejména na operátory. Většina jednodušších údržbářských činností je přesunuta z útvaru údržby do výroby, tedy na operátory

u výrobních strojů. Dle zkušeností výrobních podniků je zřejmé, že operátor je schopen jako první zachytit abnormality na svém výrobním zařízení [5].

V historickém vývoji tomu bylo přesně naopak, operátoři byli bráni jako pouhá nemyslicí obsluha stroje, která má vykonávat rutině jasně definovanou činnost. Tuto filozofii zejména propagoval Frederick Winslow Tayolor a Henry Ford.

### **1.1.1 Historie a vývoj údržby**

Přístup TPM vznikl v Japonsku v letech 1950 až 1970. V Japonsku se zrovna v té době preferoval přístup kontinuální výroby a zaváděl se systém Just in Time.

Autorem techniky TPM je uváděn Seichi Nakajima. Seichi Nakajima analyzoval v 50. a 60. letech systém preventivní údržby v USA a Evropě.

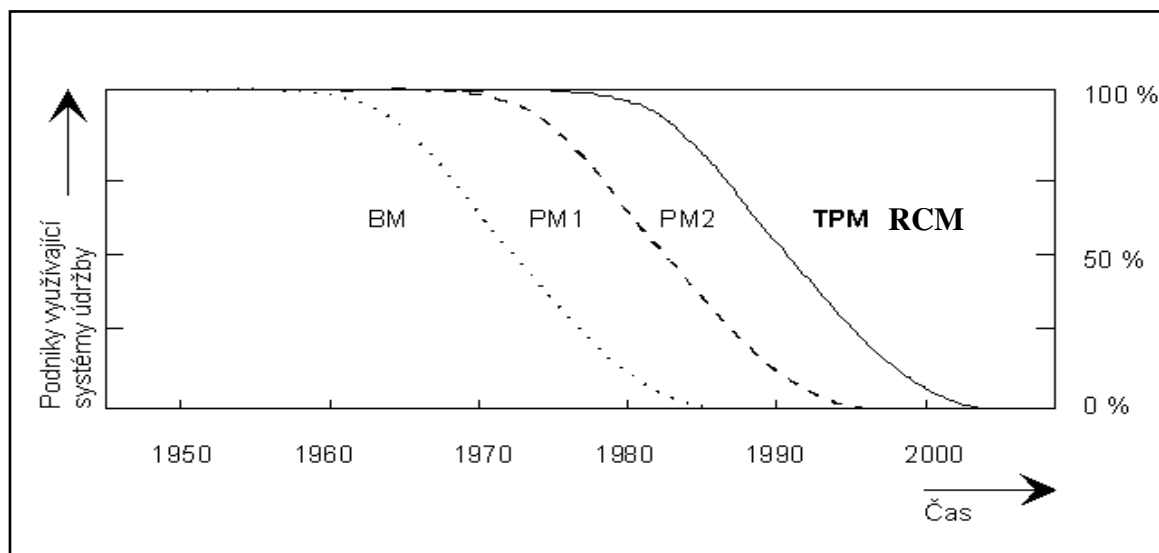
Autor techniky dospěl k následujícím doporučením:

- zavádění aktivních malých skupin (týmová práce, vizuální management),
- některé činnosti údržby jsou vykonávány operátory strojů a zařízení,
- zavádění prvků bezpečnosti na pracovišti,
- příjemné pracovní prostředí je základ výkonnosti operátorů [8].

Tyto poznatky zpracoval v komplexním návrhu a poprvé je nazval Total Productive Maintenance – Totálně produktivní údržba. V roce 1971 byl zaváděn přístup TPM pod záštitou „Japonského centra produktivity a Japonského institutu pro údržbu podniků“ do japonských podniků.

Historický vývoj systémů údržby ve světě ukazuje následující graf.

- BM – Break – down Maintenance (údržba po poruše),
- PM1 – Preventive Maintenance (preventivní údržba),
- PM2 – Productive Maintenance (produktivní údržba),
- TPM – Total Productive Maintenance (totálně produktivní údržba),
- RCM – Reliability Centred Maintenance (údržba orientovaná na spolehlivost) [7].



Obr. 1.1 Stupně vývoje systému údržby [7]

Největší popularitu a rozvoj metody TPM zajistila japonská Toyota, hlavním představitelem a zakladatelem metody byl poradce Toyoty Shigeo Shingo. V 90. letech 20. století je již TPM standardní metodou využívanou v mnoha dobrých a významných firmách [7].

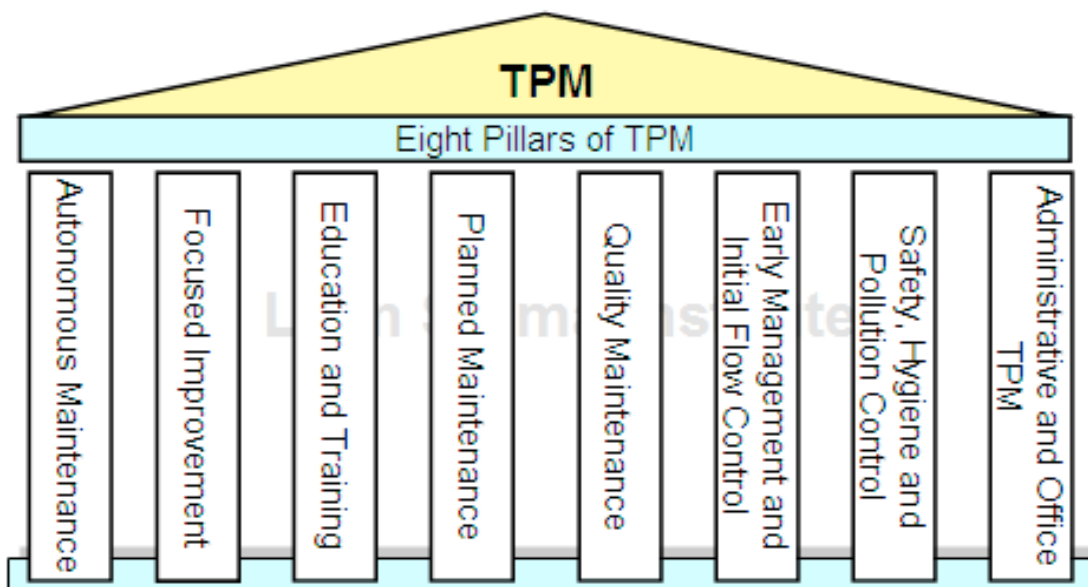
V České republice se metody TPM začaly uplatňovat v první polovině 90. let. První projekt TPM započal v roce 1994 ve Škodě Auto a. s. v Mladé Boleslavi. Ve stejném roce také začala působit první poradenská firma pro oblast TPM – Institut průmyslového inženýrství Liberec. Tato firma začala spolupracovat s mnoha významnými podniky (Barum Continental, Autopal Nový Jičín), ve kterých bylo právě díky TPM a dalším moderním metodám dosaženo výrazných úspěchů [12].

### 1.1.2 Současný trend v údržbě

V současné době se objevují stále nové přístupy k údržbě „TPM“. Tento vývoj se logicky rozvíjí také s novými technologiemi, které lze v TPM uplatnit. Převážně se jedná o softwarové aplikace, které realizují chod TPM. Dnes je již samozřejmostí u novějších strojů, které disponují svou logickou řídicí jednotkou, že podávají informace o svém provozním stavu. Výstupy těchto provozních informací (teplota motoru, otáčky, vibrace) může zpracovávat už samotná diagnostika stroje a podávat alarmové hlášení, nebo může zasílat tyto informace do informačního systému. V příloze uvádím několik praktických aplikací možnosti sledování výrobního procesu (sledování vyvrtávačky, svařování atd.). Informační systémy tyto informace zpracovávají a na základě nastavených pravidel jsou schopny vyřešit danou údržbářskou aplikaci. Typickým příkladem je hlášení

vibrací, nebo zvýšení teploty od nastavené hladiny, v takovém případě, systém vyhodnotí odchylku a na základě pravidla pošle objednávku na provedení údržbářského úkonu. Samozřejmě se již také stává, že systém je schopen zaslat objednávku na náhradní díly, nebo eviduje podklady pro provedení zásahu (výkresy, seznam pomůcek, apod.) [4].

Na následujícím obrázku jde vidět, že k základní šesti blokům TPM přibyly další dva bloky TPM – Ergonomie a TPM v administrativních činnostech:



Obr. 1.2 Současný trend bloků TPM [20]

- a) samostatná údržba – Autonomous Maintenance,
- b) plánovaná údržba – Planned Maintenance,
- c) trénink pracovníků – Education and Training,
- d) metodika hladkých přejímek – Early Management and Initial Flow Control,
- e) technická zdokonalení – Focused Improvement,
- f) analýza využití strojů – Quality Maintenance,
- g) ergonomie pracoviště – bezpečnost, hygiena, udržování čistoty pracoviště Safety, Hygiene and Pollution Control,
- h) implementace TPM v administrativě – Administrative and Office TPM [2].

Sedmý blok nazvaný „**Ergonomie pracoviště**“ zajišťuje komplexní metodiku jak uspořádat pracoviště tak, aby se dalo pracoviště snadno udržovat v bezvadném stavu. Tento přístup je převzat z metody 5S.



Posledním novým blokem je „**Implementace TPM v administrativě**“. Jedná se o zvýšení produktivity, efektivity a eliminaci ztrát v administrativních činnostech. Tento přístup zahrnuje analýzu procesů, postupů a směřuje k větší automatizaci kancelářských prací.

Tento blok se zabývá následujícími oblastmi ztrát:

- ztráty v oblastech, nákupu, účetnictví, marketingu, prodeji,
- vysoké zásoby,
- neefektivní komunikace,
- snížení administrativních nákladů,
- snížení nákladů na provedení inventarizace,
- lepší využití pracovní plochy,
- snížení rutinní práce,
- snížení skladových zásob ve všech částech dodavatelského řetězce,
- snížení počtu souborů (dat),
- snížení režijních nákladů,
- rozdělení a využívání disponibilní výpočetní techniky [2].

## **1.2 Bloky metodiky „totálně produktivní údržby“**

V následující části, budou podrobněji rozebrány následující bloky TPM:

- a) Samostatná údržba,
- b) Plánovaná údržba,
- c) Trénink pracovníků,
- d) Metodika hladkých přejímek,
- e) Technická zdokonalení strojů,
- f) Analýza využití strojů [14].

### **1.2.1 Samostatná údržba**

Samostatná údržba je základem provádění údržby ve světových výrobních podnicích. Ve výrobním procesu pracuje obsluha, rovněž operátoři a pracovníci údržby se stroji a tento systém bývá označován jako interakce systému člověk – stroj. Cílem bloku samostatné údržby je optimalizace systému člověk – stroj. Tyto optimalizace závisí na míře účasti lidí na provozu a výkonu stroje. Při provozu stroje usilujeme o jeho maximální vytížení (maximální celkovou účinnost zařízení OEE), čehož můžeme dosáhnout

zajištěním podmínek pro plynulý bezporuchový provoz. Účast operátora při údržbě zařízení zde sehrává klíčovou roli [2].

Samostatná údržba tedy zahrnuje:

- a) provádění standardizovaných údržbářských činností obsluhou, zejména se jedná o čistící a mazací činnosti,
- b) metody z metodiky Kaizen – Účast operátora při zlepšovateľských projektech na svém pracovišti,
- c) spoluúčast operátora/týmu na provozuschopnosti výrobních zařízení [2].

V současné době je kladen velký důraz na operátory. Operátoři jsou schopni na základě získaných znalostí o stroji, předcházet poruchám, odbornou péčí prodlužovat životnost stroje. Pouze minimum těchto činností je intuitivních.

Většina činností je naučena v rámci školení, tréninků a praxí v provozu. V operátorech je rozvíjena potřeba důležitosti pro výrobní činnost. V rámci kroužků kvality mohou operátoři vznášet požadavky na zlepšení současného stavu.

Nejčastější údržbářské činnosti, které se přenášejí na operátora jsou:

- a) činnosti spojené s čistícími a mazacími plány a kontrolou zařízení,
- b) vyhledávání zdrojů znečištění,
- c) podávání návrhů na úpravu standardů čištění, mazání a kontrolu zařízení,
- d) monitorování a identifikování zdroje poruch.

Příklady aplikací pro sledování zařízení uvádím v příloze (opotřebenění ložiska, sledování teploty).

Zavedení samostatné údržby představuje pro podnik řadu přínosů. Velkým přínosem je efektivní využívání kapacit údržby. Údržbáři nejsou voláni k jednoduchým operacím, které zvládne samotný operátor u stroje. Údržbář se nemusí věnovat čištění, kalibrací a promazávání jednotlivých součástí zařízení. Údržbář je nyní využíván tam, kde se uplatní jeho odborné znalosti.

Pracovní náplň operátora je složena se samotné práce a taky podmíněčně nutných přestávek, které ovlivňuje organizace práce na pracovišti. V těchto podmíněčně nutných přestávkách operátor většinou realizuje údržbářské úkony dle plánu.

Operátor s každodenním kontaktem se strojem se učí rozpoznávat abnormality chodu zařízení a může tak snadno ve většině případů upozornit údržbu na odchylky vůči standardu. Tyto iniciativy vedou k eliminaci poruch a problémů s kvalitou vyráběných dílů.

### 1.2.2 Plánovaná údržba

Plánovaná údržba, založená na časovém či jiném plánu (diagnostická měření), je v podnicích standardně prováděna. Při exkurzích v průmyslových podnicích jde vidět rozdílná úroveň samotné údržby. Údržba zařízení je často zanedbávána především z toho důvodu, že údržbáři věnují velkou část svého času opravám po poruše a na prevenci již nezbývá čas. TPM uvádí metodiku jak prevenci kvalitně a včas provádět. Implementování metodiky TPM dojde k eliminaci poruch a času potřebného pro jejich odstraňování.

Ve většině výrobních firem je před zavedením metodiky TPM převedena část údržbářské činnosti na operátory. Takto se částečně uvolní kapacita údržbářských pracovníků, kteří jsou schopni lépe provádět prevenci. Mnohdy operátoři provádějí přidělené údržbářské operace kvalitněji než samotní údržbářští pracovníci, protože svůj stroj dobře znají a vědí, že zanedbání určitého kroku může vést k defektům na výrobcích. Operátoři jsou ve většině případů finančně motivováni za vyšší produktivitu a nižší zmetkovitost.

Při zavádění metodiky TPM je v oblasti plánované údržby zahrnuta řada činností, které se v průběhu programu přesunují do oblasti údržby samostatné. V procesu údržby to umožňuje přesunování části svých aktivit do oblasti prevence a zlepšování celého systému preventivní a prediktivní údržby.

Nejčastější definici plánované údržby můžeme interpretovat následovně: „Jde o inspekční a údržbářské činnosti prováděné údržbáři – specialisty za účelem redukce možných poruch nebo pro zabránění odchylky od daného procesu“ [14].

Součástí plánované údržby jsou:

- a) preventivní údržba s plánovaným intervalem bez ohledu na stáří stroje a dobu provozu stroje,
- b) preventivní údržba plánovaná na základě „doby provozu“, která zohledňuje stáří stroje,
- c) prediktivní údržba využívající diagnostické měření zvoleného parametru ve stanoveném čase, při kterém jsou další aktivity prováděny na základě výsledků tohoto dílčího měření,
- d) prediktivní údržba využívající diagnostické metody, kdy jsou data sbírána v pravidelných intervalech od doby zahájení provozu a abnormality jsou detekovány z vývoje sledovaných parametrů a porovnáním s hodnotami získanými v optimálních podmínkách provozu [14].

### **Cíle plánované údržby**

Cílem preventivní údržby je redukování nákladů na provoz strojů a zařízení za pomoci redukce prostojů, snížení nezbytnosti větších oprav a snížení nákladů na dílčí opravy.

Mezi cíle v rámci plánované údržby patří:

- obnova stavů strojů do optimální kondice,
- tvorba strategie údržby,
- standardizace údržbářských činností,
- operátoři zajišťují plánovanou každodenní péči a základní rutinní údržbu,
- provádět efektivně periodickou inspekci, diagnostiku i opravy,
- měnit opotřeбенé díly v nevýrobním čase,
- využívat moderních technologií oprav,
- informační podpora údržby,
- týmová práce v údržbě,
- racionálně vést dokumentaci,
- prediktivní údržba,
- udržovat v pořádku nástroje i pracoviště údržby,
- odstraňovat nejenom příčiny prostojů, ale i příčiny postupného opotřeбенí strojních částí i příčiny vyvolávající nižší kvalitu [14].

**Postup při plánování údržby:**

- a) budou vybrány stroje a zařízení pro preventivní údržbu – je důležité, aby v první fázi byly vybrány stroje, které jsou pro celou výrobu klíčové (úžinové stroje) a jejichž výpadek způsobí výpadek v celém technologickém procesu,
- b) budou definovány činnosti, které mají být v rámci preventivní údržby provedeny – tyto činnosti mohou vycházet jednak z technické dokumentace dodavatele, jednak z dosavadních praktických zkušeností z chodu strojů,
- c) budou definovány intervaly mezi jednotlivými činnostmi – určení intervalů bývá někdy velmi složité (v podnicích často neexistuje evidence prostojů a poruch jednotlivých strojů a zařízení), v této oblasti musíme nejčastěji vycházet ze zkušeností. Je proto nezbytné vypracovat kvalitní systém prediktivní údržby (diagnostiky),
- d) budou definovány termíny provádění jednotlivých činností – tyto termíny musí vycházet z předchozího bodu. Preventivní údržbu plánujeme do výrobních přestávek, tak aby nebyl přerušen tok výroby. Specializovaní údržbáři mají většinou na starosti všechny provozy podniku a i to je skutečnost, kterou musíme při definování termínů respektovat,
- e) bude vytvořen systém efektivního plánování jednotlivých činností a racionálního řízení dokumentace o preventivní údržbě – v tomto bodě můžeme uplatnit informační systémy, ale např. i prostředky vizuálního managementu, které jsou finančně nenáročné a přesto velmi efektivní [14].

**1.2.3 Trénink pracovníků**

Trénink pracovníků a vzdělávání je základním předpokladem pro zavádění metodiky TPM. Operátor je postupně zapojován do samostatné péče o stroj a přebírá určité činnosti technika údržby. Operátor se postupně vzdělává ve specializovaných oblastech péče o stroj a stává se tak schopnějším řešit naléhavé drobné problémy rychlým osobním zásahem, může se zapojovat do přestavby stroje. Operátor může rozvíjet své schopnosti, iniciativu a například realizovat zlepšovací návrhy chodu stroje či uspořádání pracoviště v souvislosti s péčí o stroj.

Trénink techniků údržby je soustředěn na získávání hlubších technických znalostí o strojích. Jedná se o zapojení techniků údržby do provádění a vyhodnocování analýz rizikovosti, poruchovosti strojů aj., které jsou využívány k odstraňování stálých problémů strojů a zařízení [12].

Většina výrobních zařízení je tvořena několika výrobními stanovišti. Proto je potřeba rozvíjet týmovou spolupráci mezi operátory a samotnými techniky údržby, která vede k větší spolupráci při řešení konkrétních situací [14].

Jedním z hlavních úkolů programu TPM je rozvoj týmové práce.

Údržbářský tým, který se věnuje zlepšení stavu v této oblasti, by měl mít následující složení:

- koordinátor týmu TPM,
- hlavní mechanik,
- vedoucí jednotlivých provozních údržeb,
- provozní údržbáři,
- údržbáři specialisté,
- pracovníci z oblasti plánování a vyhodnocování,
- specialisté pro oblast informačních systémů.

Konkrétní týmy na pracovišti pak mohou mít několik podob, protože objem a druh údržbářských činností předávaných výrobním týmům (do oblasti samostatné údržby) záleží na konkrétních podmínkách každého podniku či provozu.

Existují čtyři základní modely, které se mohou dále upravovat:

- a) Výrobní tým přebírá část údržbářských činností v rámci samostatné údržby. Tyto činnosti jsou specifikovány ve standardech samostatné údržby. Objemy a druhy těchto činností musí být stanoveny tak, aby mohly být operátory zvládnuty bez zvýšení počtu členů výrobního týmu,
- b) Do týmu je zařazen údržbář nebo údržbáři, kteří vykonávají náročnější údržbu spojenou s činností tohoto výrobního týmu. Tito údržbáři dále spadají pod výrobní středisko,
- c) Do týmu je integrován jeden či více údržbářů, kteří po doplnění kvalifikace vykonávají některé další činnosti výrobního týmu,
- d) Týmy jsou sestaveny z pracovníků údržby a zabezpečují údržbu na specifikovaném zařízení. Tým má pak složení a charakteristiku stejnou jako tým výrobní.

#### **1.2.4 Metodika hladkých přejímek**

Metodika hladkých přejímek je zaměřená na dosažení vysoké provozuschopnosti nových strojů a zařízení od okamžiku jejich spuštění. Realizuje se ještě před montáží

nového stroje na stanoviště. Při realizaci této metodiky je využito týmové spolupráce několika specializovaných týmů za účasti operátorů, mistrů, údržbářů, manažerů, investičních techniků, logistiků.

Po instalaci zařízení je potřeba vytvořit standardizované postupy pro seřízení stroje na určité výrobky.

První seřizování výrobních zařízení je jednorázový postup, potřebný na přípravu výrobního zařízení pro výrobu určitého objemu výrobků (výrobní dávku).

Vždy se snažíme o co nejhladší a nejrychlejší seřízení stroje.

Pod snížením seřizovacích časů se rozumí systematický proces pro minimalizaci časů prostojů, tj. časů čekání (přípravy) kapacitní jednotky mezi opracováním dvou po sobě následujících různých typů výrobků (výrobních dávek).

Snížování seřizovacích a přípravných časů je klíčovým při zvyšování produktivity a pružnosti ve výrobě. Čekací časy (zdržení, čekání na opracování, čekání na dopravu, čekání po opracování apod.) mohou tvořit mezi 80 až 95 % celkové průběžné doby.

Doba čekání výrobní zakázky ve výrobě je určena časem na seřízení a součtem všech časů na seřizování a opracování pro jednotlivé komponenty.

Doba čekání výrobní zakázky se tedy skládá z vedlejších časů před a po opracování.

Velikost výrobních dávek je přímo závislá na seřizovacích časech. Snížením těchto časů je možné snížit i velikosti výrobních dávek. Tímto efektem dosáhneme minimalizací skladových zásob [6].

### **1.2.5 Zlepšování stavů strojů**

Většina zařízení disponuje řadou součástí, které podléhají opotřebení. Vývoj nových materiálů umožňuje nahrazovat stávající morálně zastaralé součásti prvky novými, které lépe odolávají tření, jsou odolnější vůči abrazivnímu prostředí, mají menší koeficient tření, případně mají samotlumící účinky. Tedy tento blok TPM se orientuje na dílčí zlepšení provozovaných strojů a zařízení. Při zlepšovacích návrzích údržby je potřeba týmové práce. Kontinuálním zlepšováním stavu strojů při zapojení týmové práce dosáhneme vyššího efektivního využití stroje a preventivními opatřeními snížíme potřebu údržbářských činností [1].

Jednotlivé specializované týmy se mohou zaměřovat na následující oblasti:

- snížení náročnosti a periody údržbářských úkonů,
- zlepšení stavu pracoviště,
- podpora při seřizovacích časech,
- zvýšení spolehlivosti zařízení,
- vnoření soběstačného pracoviště,
- snižování nákladů na údržbu.

### 1.2.6 Analýza využití strojů

Využívání strojů do jejich plných kapacit je cílem každého výrobního podniku. Na tom jestli podnik dokáže vytížit dané zařízení, závisí několik faktorů, mezi které patří:

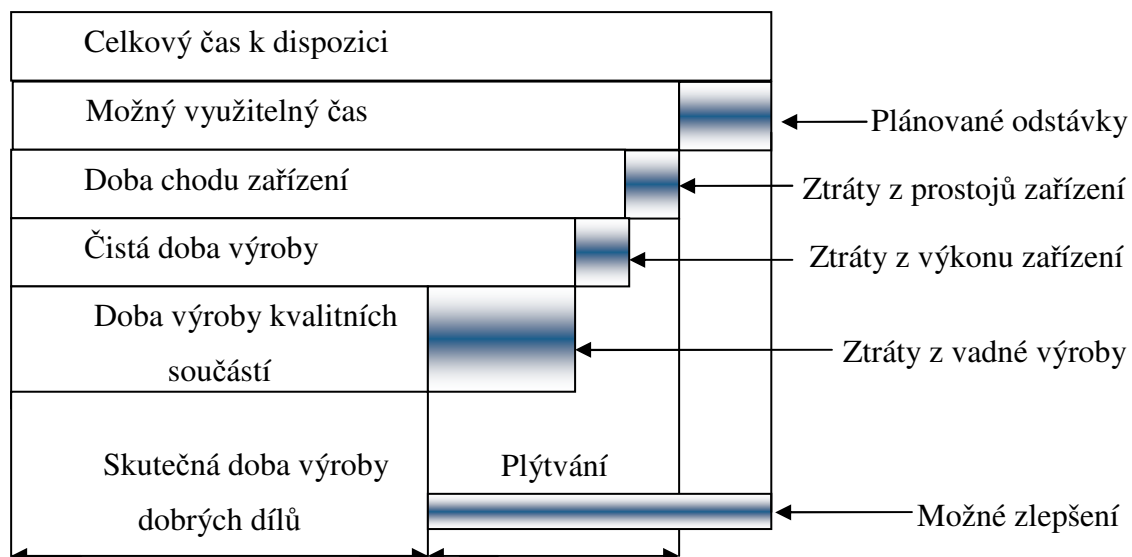
- mít dobře naplánované logistické procesy,
- mít příslušné odborné kapacity,
- mít zakázky,
- nemít odstávky stroje vlivem poruchovosti.

Tento blok TPM se zabývá efektivním využíváním strojů a jejich sledováním a vyhodnocováním. Znalost ztrát a jejich rozbor je důležitý pro jejich odstranění.

Důležitým parametrem pro hodnocení velikosti ztrát je parametr „celková efektivnost zařízení“, dále jen OEE. Metodika pochází z anglického výrazu Overall Equipment Effectiveness. Parametr OEE je nástrojem pro výpočet efektivnosti neboli produktivity zařízení [9].

Při výpočtu koeficientu OEE je možné sbírat data automatizovaně pomocí měřících karet, nebo je možné využít u novějších strojů jejich digitální výstupy. Při takto automatizovaném sběru informací eliminujeme řadu statistických chyb způsobených lidským faktorem. Data můžeme využít také pro různé controllingové operace a vizualizace naměřených hodnot. Případné návrhy na zlepšení musí tvořit proces cílený na systematické zvyšování produktivity. Při zavádění analýzy využití strojů je potřeba začít sledovat nejprve úzká místa ve výrobě, případně stroje, na kterých nám chybí kapacity. Dále je potřeba se zaměřit na zařízení, která mají neuspokojivé procento vadných kusů. Následující graf znázorňuje „Celkovou efektivnost zařízení“ [9].





Obr. 1.3 Celková efektivnost zařízení [14], upraveno autorem

Před samotným sběrem dat pro výpočet OEE je nutné definovat data, která jsou potřebná pro jednotné zpracování a vyhodnocení. Sběry dat se drží standardizovanými následujícími postupy:

- automatické získávání dat z měřících karet a digitálních výstupů strojů,
- ruční shromažďování dat. Dnes se již prakticky nevyužívá, protože většina strojů a zařízení je již dnes osazena digitálními snímači s jednotkami PLC,
- poloautomatický sběr dat (terminály, kódy prostojů, off/on – line automatické vyhodnocení v informačním systému) [9].

### Výpočet OEE

Výsledkem OEE je podíl efektivního času výrobního zařízení po který vyrábí bez ztrát a pouze kvalitní produkci.

Výpočet OEE se skládá ze tří dílčích ukazatelů:

#### a) Dostupnost

Dostupnost (někdy také označováno jako využitelnost) kvantifikuje podíl pracovní doby, kdy zařízení vyrábí [14].

$$\text{Dostupnost} = \frac{\text{Možný využitelný čas} - \text{Prostoje}}{\text{Možný využitelný čas}} \quad (1.1)$$

#### b) Výkon

Výkon definuje ztráty vlivem nedodržení výkonových norem. Při výpočtu použijeme možný využitelný čas [14].

$$\text{Výkonnost} = \frac{\text{Normovaný čas na 1ks} \times \text{Počet vyrobených kusů}}{\text{Možný využitelný čas} - \text{Prostoje}} \quad (1.2)$$

### c) Kvalita

Při výpočtu tohoto ukazatele je nezbytným údajem počet vyrobených kusů, dále kusy, které jsou kvalitativně nevyhovující. Mezi zmetky patří také kusy, které je možné za cenu víceprací dokončit a následně prohlásit za vyhovující, protože kapacita zařízení nebyla při jejich výrobě efektivně využita [14].

$$\text{Kvalita} = \frac{\text{Počet vyrobených kusů} - \text{Neshodné výrobky}}{\text{Počet vyrobených kusů}} \quad (1.3)$$

Na základě získaných dílčích výpočtů je možné určit celkovou efektivitu zařízení (výsledek se běžně vyjadřuje v procentech):

$$\text{OEE} = \text{Dostupnost} \times \text{Výkon} \times \text{Kvalita} \quad (1.4)$$

## 1.3 Další metodiky uplatnitelné při implementaci údržby

Podpůrnými metodikami a systémy pro efektivnější implementaci metodiky TPM jsou nástroje „štíhlé výroby“, neboli pro údržbu „Systém štíhlé údržby“. Tato koncepce byla vyvinuta na základě dlouhodobých zkušeností v údržbě a na základě mnoha moderních nástrojů a přístupů k údržbě. Systém štíhlého myšlení „štíhlá výroba“ zahrnuje také samotnou metodiku TPM [11].

Systém štíhlé údržby si neklade za cíl nahradit dosavadní strategie a metody. Jedná se o postup, s jehož pomocí mohou být dosavadní metody nasazeny cíleněji a přiměřeně požadavkům provozu.

V rámci systému štíhlé údržby se nadále používají metody a nástroje, které se používali v rámci TPM a k nim se přidávají nové.

### 1.3.1 Údržba orientovaná na spolehlivost

Strategie údržby orientované na spolehlivost byla vyvinutá civilní americkou leteckou společností roku 1930 pro Boeing 747 a 777. Tato strategie se dnes hlavně uplatňuje při

stanovení údržbářských programů. RCM se hlavně orientuje na zvyšování bezpečnosti, provozuschopnosti a efektivnosti činnosti údržby.

Při realizaci RCM si klademe několik otázek:

- a) Jak funguje zařízení a jaké má funkce?
- b) Kdy a jak dochází k poruše funkčnosti?
- c) Jak se dá porucha předvídat?
- d) Jakým způsobem by se dalo předejít vzniku poruchy?
- e) Co způsobuje danou poruchu?
- f) Co se stane, když se vyskytne porucha?
- g) Jak se odstraňuje daná porucha?
- h) Jaké bude řešení, jestliže nejsme schopni diagnostikovat poruchu ani ji předvídat [11]?

Metodika údržby dle RCM se orientuje na spolehlivost a akceptuje požadavky údržby pro každý prvek zařízení, přičemž zavádí prvky bezpečnosti a efektivnosti vzhledem k nákladům údržby. Metodika RCM analyzuje každý díl zařízení, který je důsledkem poruchy.

Důsledky poruch jsou rozděleny do čtyř oblastí:

- a) Příčiny skrytých poruch, které zvyšují riziko výskytu následně opakujících se poruch,
- b) Nepřímé důsledky, které se podílí na výši celkových nákladů,
- c) Příčiny poruch, které ovlivňují bezpečnost a zvyšují riziko ekologické zátěže,
- d) Provozní chyby, které ovlivňují přímé náklady v důsledku oprav zařízení, představují ztráty a postihují výrobu.

Za pomoci metodiky RCM vytváříme seznam poruch a klasifikujeme ho do výše zmíněných čtyřech kritérií podle jejich četnosti. Při stanovení důsledků je potřeba vyspecifikovat všechny prvky, které mají vliv na dané zařízení. Pokud není možno snížit důsledky poruch zařízení, je nutné, aby daný prvek byl upraven. Metodika RCM se stejně jako TPM zabývá hodnocením vzniku možných příčin [7].

Mezi základní nástroje, které RCM využívá při hodnocení rizik důsledků poruch patří :

- a) FMEA – Failure Mode and Effect Analysis – analýza možného výskytu a vlivu vad,

- b) analýza příčin a následků,
- c) analýza rizik.

### 1.3.2 Metoda SIX SIGMA a zlepšovací projekty v údržbě

SIX – SIGMA je představitelem bezchybné jakosti a znamená optimalizaci ucelených procesů. Cílem je nabídnout zákazníkům optimální produkt při minimalizaci nákladů a přitom ještě trvale zvyšovat podnikový zisk.

Strategie pocházející z USA. V Evropě je nyní využívána s velkou oblibou.

Six – Sigma je metodou trvalého zlepšování. Cílem je splnit ve všech důležitých procesech veškeré požadavky zákazníků, tedy tzv. Critical to Quality Characteristics (CTQ) neboli kritické parametry kvality [11].

Six Sigma poskytuje podnikům způsob, jak redukovat počet chyb ve všech jejich činnostech dříve, než se objeví. Dřívější programy kontroly se zaměřovaly na detekci a nápravu obchodních, průmyslových nebo konstrukčních neshod.

Six Sigma nabízí specifické metody k přetvoření procesu tak, aby neshody vůbec nevznikly. Autorem konceptu Six Sigma je Bill Smith, který v roce 1986 zavedl v Motorole posuzování kvality na základě měření směrodatných odchylek a proměnlivosti procesů. Koncept nového přístupu k zlepšování procesů byl ředitelem Motoroly přijat a podporován.

Pojem Six Sigma je možno vysvětlit na těchto definicích:

- a) Strukturovaný a vysoce kvantitativně založený přístup ke zlepšování kvality produktů a procesů prostřednictvím týmové práce,
- b) Dosaženou úroveň kvality produktu nebo procesu, kdy na jeden milion příležitostí připadá maximálně 3,4 chyb,
- c) Manažerskou filosofii, založenou na principu neustálého zlepšování, využívající procesního řízení a prosazující rozhodování na základě naměřených dat.

Pojem Six Sigma je odvozen z řeckého písmene sigma, což je rozložení hodnot nebo jejich odchylek kolem očekávané hodnoty. Za předpokladu, že každé statistické rozložení lze transformovat do normálního rozložení Gaussovy křivky, sigma popisuje standardní odchylku od očekávané střední hodnoty  $\mu$  [19].

Six Sigma využívá v projektech metodiku zlepšování DMAIC. Tato zkratka je složená ze slov:

- a) Define – definovat,
- b) Measure – měřit,
- c) Analyze – analyzovat,
- d) Improve – zlepšit,
- e) Control – řídit [14].

Výše uvedené etapy jsou názvy jednotlivých fází zlepšování procesů. Tyto fáze jsou vzájemně propojeny a tvoří proces. Výstupy jedné fáze jsou zároveň vstupy následující fáze.

Všechny projekty Six Sigma sledují standardizovaný průběh, který je založen na Demingově cyklu PDCA.

Z tohoto cyklu byl odvozený cyklus DMAIC:

- a) P – Plan – naplánování zamýšleného zlepšení (záměr),
- b) D – Do – realizace plánu,
- c) C – Check – ověření výsledku realizace oproti původnímu záměru,
- d) A – Act – provedení úprav záměru i vlastního provedení na základě ověření a implementace zlepšení plošně do praxe.

### **1.3.3 Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků**

Pro zabezpečení úspěchu a zisku v dnešním konkurenčním prostředí je nutno analyzovat možná rizika. Každá výrobní firma se snaží plnit požadavky trhu a také musí vyrábět spolehlivé a bezpečné výrobky. Jedna z metod, jak toho dosáhnout je metodika FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) – analýza možného výskytu a vlivu vad. Aplikuje se za účelem včasného rozpoznání možných slabých stránek dané výroby (procesu). Metodika také zavádí postupy vhodných opatření, aby k nežádoucím vlivům vůbec nedošlo. S touto metodou se začíná zejména již při zahájení konstrukčních a vývojových prací.

Rozlišujeme následující druhy FMEA:

- a) **Systému** – Analyzuje systémy a subsystémy v raném (konceptním) stadiu a zaměřuje se na interakce mezi systémy a elementy systému,
- b) **Konstrukce (návrhu)** – Analyzuje výrobek dříve, než se začne s výrobou. Zaměřuje se na druhy vad způsobené nedostatky konstrukce (návrhu),
- c) **Procesu (výrobní)** – Analyzuje výrobní a montážní procesy, nedostatky procesu výroby, nebo montáže,
- d) **Výrobku (nakupovaného dílu)** – Analyzuje proces jako celek. Mnohdy koordinována a řízena zákazníkem,
- e) **Servisu, služeb** – Než se výrobek dostane k zákazníkovi (investiční, organizační, ekologická, zásobování) [12].

Metodika FMEA se skládá z následujících realizačních fází:

- a) Sestavení realizačního týmu – nejlépe z různorodého spektra zkušených odborníků (konstruktéři, procesní vývojáři, technologové),
- b) Vyspecifikovat všechny možné, nebo pravděpodobné vady návrhu. Je potřeba zúročit zkušenost jednotlivých pracovníků z dřívějších obdobných návrhů, znalost problematiky, přehled o technologických možnostech,
- c) Stanovení priorit z hlediska svého důsledku, tedy významu působení na zákazníka, z hlediska příčiny svého vzniku, tedy rozsahu výskytu při používání a z hlediska rozsahu nutných kontrol, tedy možnosti jejího odhalení,
- d) Rozdělení do kategorií a přiřazení patřičných bodu dle priorit (1 – zákazník nezaregistruje až 10 – ohrožení bezpečnosti),
- e) Hodnocení dle jednotlivých charakteristických čísel. Velikost čísla určuje prioritu, s jakou se musíme danému problému věnovat,
- f) Navržení příslušných opatření – Dle jednotlivých charakteristických čísel. Velikost čísla určuje prioritu, s jakou se musíme danému problému věnovat,
- g) Provedení opatření,
- h) Vyhodnocení nového stavu – tj. opakování celého procesu znovu [12].

#### 1.3.4 Ishikawův diagram příčin a následků

Ishikawův diagram příčin a následků se používá při odstraňování problémů s kvalitou. Pro získání dat se nejčastěji používá metoda brainstormingu. Brainstorming je řízená

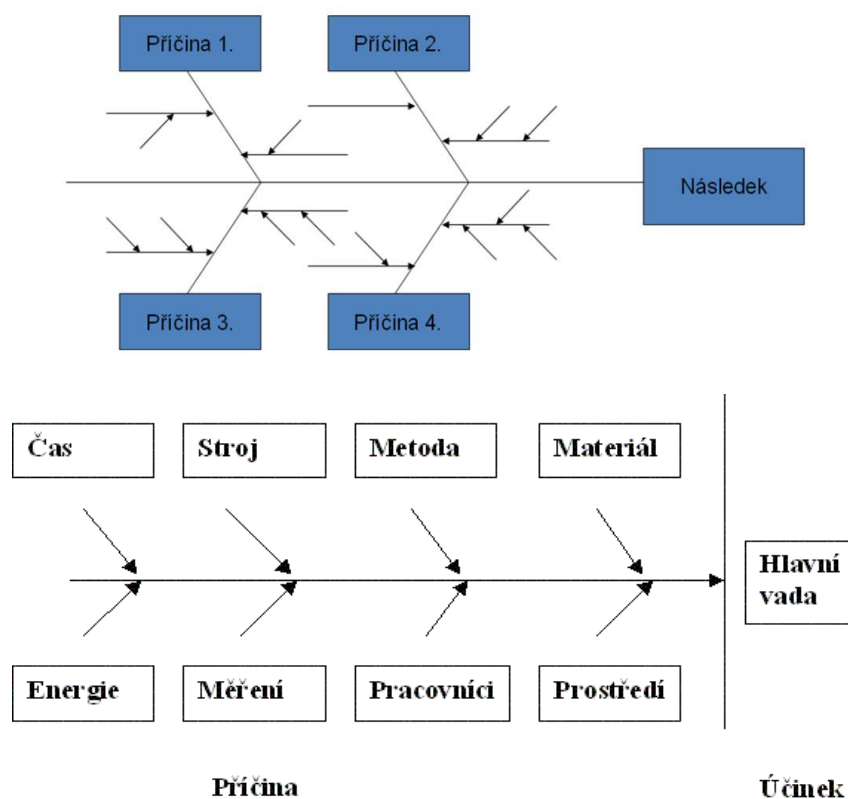
diskuze v týmu, kdy se každý člen vyjadřuje k dané problematice. Jako první je potřeba jasně definovat problém a sestavit vyhovující řešitelský tým.

Profesní orientace členů týmu by měla odpovídat řešené problematice. Je vhodné pozvat i odborníky z jiných oblastí, kteří nejsou tzv. ovlivněni provozní slepotou.

Typy diagramů příčin a následků jsou znázorněny níže. Při řešení problematiky je nutné vždy přesně specifikovat daný problém s jakostí. Tento základní problém je naznačen v pravé prostřední části. Od tohoto problému jsou rozvětveny větve.

Podobně jako u rybí kosti je zde tvořena páteř, na které jsou navázány větve s možnými příčinami. Hlavní příčiny jsou dále analyzovány a rozpracovány do vedlejších příčin. Hlavní příčinou je například pracovník (operátor) [12].

Postupuje se tak, že se definuje hlavní problém a jednotliví členové týmu se snaží najít hlavní příčiny problému. Přičemž na hlavní příčiny je možno napojovat dílčí problémy, vedlejší příčiny. Na základě rozhodnutí týmu se pak problémy odstraňují.



Obr. 1.4 Ishikawův diagram příčin a následků [12]

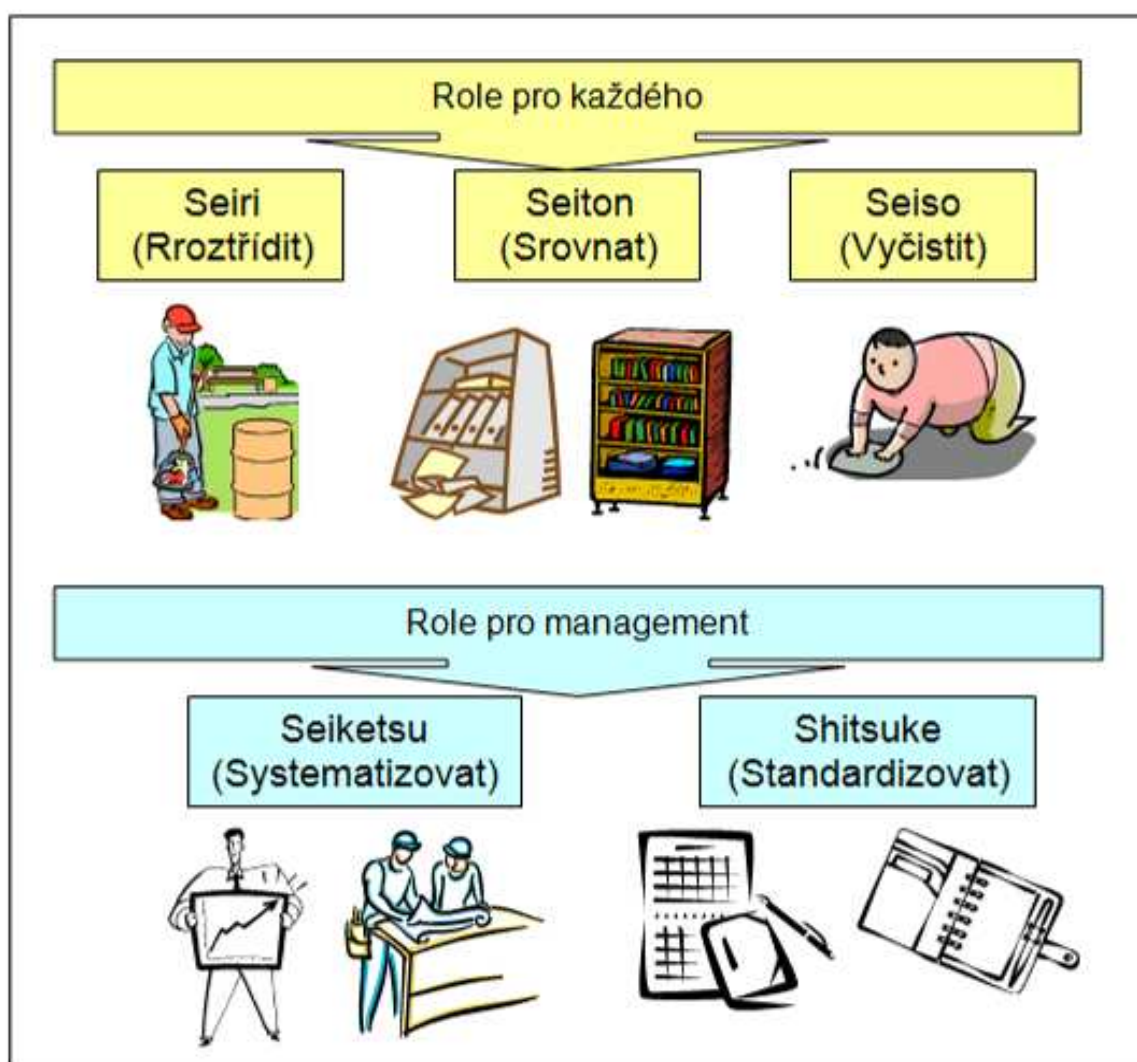
### 1.3.5 Systém efektivního hospodaření na pracovišti

Metodika 5S pochází z Japonska. Zkratka 5S vyjadřuje počáteční písmena jednotlivých kroků této metodiky, které v japonštině začínají na písmeno „S“ Seiri, Seiton,

Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Každý krok z této metodiky směřuje k naplnění prvků dobrého hospodaření a efektivních pracovních postupů [11].

Základní Japonské filozofie se liší od Evropských zejména tím, že při realizaci určitého záměru je zpracován detailní postup, který umožní následnou praktickou kratší realizaci. Tedy jednoduše řečeno Japonci věnují více času přípravě projektu, potom následná implementace je často snazší a rychlejší. Je tedy nutno pohlížet na komplexní změnu postojů pracovníků ke své práci, pracovištím a strojům. Cílem je dosažení vysoce organizovaného, čistého a výkonného pracoviště.

Metodika 5S vychází z moderních metod řízení a neustálého zlepšování prostřednictvím eliminace ztrát a plýtvání všeho druhu. Metodika 5S je využívána v souvislosti s plánováním výroby, TPM, KAIZEN, JUST IN TIME a LEAN PRODUCTION.



Obr. 1.5 5S pět kroků dobrého hospodaření [13], upraveno autorem



### SEIRI – první krok

Tento první krok se týká přípravy, dochází ke třídění položek na pracovišti, na kterém může, zůstává jen to, co se standardně používá. Vše nadbytečné se přesune do skladů, výdejny a jiných prostor k tomu určených, nebo se ekologicky recykluje. Pracoviště je podrobena analýze při níž se identifikují potřebné objekty, například: nářadí, přípravky, neidentifikovatelné předměty, dokumentace, materiál, neshodné výrobky, různé výrobky a také osobní věci operátorů a celkové vybavení pracoviště jako jsou skřínky, stoly a odkládací plochy.

### SEITON – druhý krok

Tato fáze se zaměřuje na uspořádání věcí. Položky, které byly analýzou identifikovány jako potřebné na pracovišti, jsou nyní zkoumány z hlediska potřeby a dosahových vzdáleností operátora. Následně je určeno přesné místo uložení tak, aby bylo vše rychle a pohodlně dostupné a bylo uživatelsky jasné, kde se jednotlivé předměty nacházejí. Součástí tohoto kroku systematického umístění nářadí je tedy i označení umístění nářadí na pracovišti.

### SEISO – třetí krok

Tento krok seiso, znamená úklid na pracovišti. Dochází ke zpracování přesného harmonogramu úklidu včetně zodpovědností, jsou zpracovány čistící plány včetně vizuálních standardů. Cílem je uchovat pracoviště bez nečistot, zejména prachu, oleje a abrazivních elementů. Na čistém pracovišti je možno identifikovat případný zdroj znečištění, eventuálně odhalit poruchu, nebo poruchám předejít. Tento krok vede ke zvýšení bezpečnosti a na pracovišti, zvýšení provozuschopnosti stroje a k vytvoření vhodných pracovních podmínek, které směřují k vyšší výkonnosti pracoviště.

### SEIKETSU – čtvrtý krok

Seiketsu je standardizace činností. Ze standardizace činností vyplývá přesná náplň operátora. Operátor tedy za pomoci standardů realizuje předchozí tři kroky metody 5S. Pracovní postupy jsou standardizovány a naplňují metodiku 5S.

### SHITSUKE – pátý krok

Poslední pojem metodiky 5S je disciplína. Tento krok je velmi důležitý z hlediska udržitelnosti celé metodiky 5S. Tento systém je nutno neustále udržovat tak, aby byl aktuální se změnou organizační struktury, změnou sortimentu, inovací stroje atd. Tento

krok také zahrnuje realizaci dotazníkových šetření, provádění auditů a hodnocení plnění standardů 5S.

Výsledkem zavedení a dodržování jednotlivých fází této metodiky je získání přehledného, ergonomického, uspořádaného, čistého a stabilního pracoviště. Odstraněním nepoužívaných předmětů a nástrojů ovlivníme eliminaci pohybů a úkonů nepřidávajících hodnotu výrobku a to povede také ke snížení pracnosti výrobků [13].

### **1.3.6 Mapování toku hodnoty**

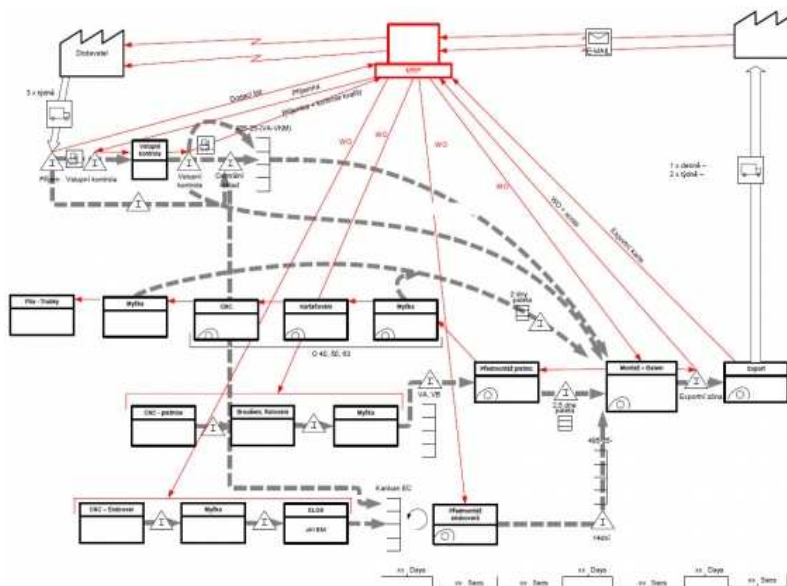
Mapa hodnotového toku VSM – „Value Stream Map“ je krokem v analyzování současného stavu a identifikování plýtvání. Hodnotovým tokem je posloupnost kroků, které musí být vykonány ve správném pořadí a čase pro vytvoření hodnoty pro zákazníka [2].

Úplný tok hodnot zahrnuje kroky potřebné pro určení požadavku a plánování (tok informací) a realizaci (tok materiálu). Tok hodnoty zahrnuje všechny kroky procesu, které přidávají hodnotu i ty, které hodnotu nepřidávají. Jestliže existuje produkt nebo proces, který má zákazníka, potom vždy existuje tok hodnot. Cílem je identifikovat zdroje plýtvání v klíčových procesech.

Do mapy hodnotového toku se zakreslí dodavatel daného procesu. Dodavatelem může být jak externí firma tak interní oddělení společnosti.

Při dalším kroku se do mapy zanesou všechny po sobě jdoucí kroky procesu a přidají se k nim hodnoty, které jsou u tohoto procesu považovány za klíčové, například velikost zásob, délka čekání mezi jednotlivými procesními kroky, doba trvání každé operace, atd.. Následně se do mapy zanesou zákazník a tím je ukončena část týkající se zakreslení toku materiálu.

Poté se do mapy zakreslí toky informací od zákazníka k firmě, od firmy k dodavateli a také ty informační toky uvnitř firmy, které se daného procesu týkají. V následujícím obrázku je graficky znázorněn příklad zmapování toku hodnoty:



Obr. 1.6 Mapa toku hodnoty [2]

Tento nástroj účinně pomáhá poznat úroveň procesu, protože obsahuje tok materiálu a tok informací, včetně zákazníka a dodavatele.

Metodika umožní snadno rozpoznat zdroje plýtvání v celém procesu organizace. Mapa toku hodnoty pomáhá identifikovat úzká místa v organizaci. Pomocí této identifikace se můžeme zaměřit na projekty zlepšování, které budou mít skutečný vliv na výkonnost a daný proces. Nespornou výhodou také je, že mapa toku hodnoty zobrazuje vazby mezi tokem informací a tokem materiálu.

Při analýze činností procesu je potřeba se zaměřit na proces od začátku do konce. Začátek a konec procesu by měl být pečlivě stanoven a měl by respektovat širší zlepšovaného procesu.

### 1.3.7 Vizuální management

Vizuální management je metodika vyobrazení důležitých ukazatelů a informací pro danou zainteresovanou skupinu na vymezeném prostoru. Poskytnuté informace slouží pro operátora a týmy k maximalizaci produktivity. V současné době nejsou plně zavedeny standardy zobrazování aktuálních informací pro zainteresované skupiny, kterým by byly poskytovány informace o současném stavu pracoviště, o dostupnosti důležitých informací o našem výkonu, kvalitě a efektivitě, o stavu a dostupnosti různých standardů, které týmu pomáhají vykonat svoji práci ve správném čase a ve správné kvalitě.

Ve většině případů nemáme k dispozici potřebné informace, abychom se mohli efektivně rozhodnout. Jednotliví operátoři a týmy nevědí, jak by přispěli k naplnění cílů

svého útvaru. Na pracovišti vznikají jednoduché formy plýtvání (zbytečné pohyby, hledání, zbytečné zásoby, nadpráce apod.), které dokážeme odstranit definováním jasných pravidel na pracovišti.

Cíle vizuálního managementu je možné shrnout do následujících bodů:

- a) motivovat,
- b) řídit,
- c) porovnávat,
- d) učit,
- e) informovat.

Dále je možné vizualizovat požívané metody, výrobní činnost, podnikové procesy. Sledované parametry musí být snadno prezentované a pochopitelné. Formy vizuálního managementu mohou být různé, může se jednat o tabule s výsledky měření výkonových parametrů ve formě barevně odlišených tabulek či grafů. Standardním příkladem mohou být barevně a tvarově rozlišené značky k zvýraznění důležitých či kritických míst na pracovišti, na stroji, barevně odlišené vodiče nebo přípravky, barvou označená místa pro uložení dokončených výrobků, rozpracovaných či neshodných.

Prostřednictvím vizuálního managementu jsou všem stejným způsobem zprostředkovávány vize, strategie, cíle podniku a způsoby jejich dosahování. Vizualizace neznamena jen jednosměrnou komunikaci, ale poskytuje také zpětnou vazbu [2].

### **1.3.8 Systém neustálého zlepšování KAIZEN**

Kaizen je manažerská filosofie, která vznikla v USA. V plné míře byla implementována v 60. letech 20. století, v Japonsku. V překladu znamená „změna k dobru“ („kai“ – změna, „zen“ – dobro) [8].

Kaizen je systém procesu neustálého zlepšování pomocí malých změn. Kaizen využívá řadu štíhlých nástrojů, pomocí kterých realizuje řadu i malých zlepšení, které v konečném důsledku mají velký pozitivní vliv na organizaci. Tato metoda se ukázala jako velmi efektivní metoda udržování konkurenceschopné úrovně podniku a stala se běžným doplňkem inovací. Zastánci kaizen se nikdy nespokojí se stávající situací ve firmě – vždy je prostor pro zlepšení. Dle metodiky i ten nejmenší krok kupředu má význam.

Tato metoda zapojuje do procesu zlepšování co nejvíce zaměstnanců, a to pokud možno všech úrovní řízení a všech oddělení. Zejména účast operátorů nejnižší úrovně je velmi důležitá, protože jsou nejbližší stroje, tedy kde se tvoří hodnota. Jejich návrhy

bývají ve srovnání s klasickými zlepšovacími návrhy, které jsou navrhovány u stroje, mnohdy praktičtější i kreativnější. Takovéto možnosti zapojení navíc zpravidla u zaměstnanců posilují pocit sounáležitosti s firmou.

## 2 Cíl disertace

Hlavním cílem disertace je vypracování komplexního podpůrného systému umožňujícího snížení prostojů a ztrát v celoživotním cyklu investičního majetku užívaného ve výrobním procesu.

Pro dosažení hlavního cíle jsou stanoveny následující dílčí cíle:

- a) vytvoření softwaru **NORMATIVY 2011**,
- b) volba nejefektivnější metody pro stanovení spotřeby času na operce,
- c) vytvoření výchozího 3D grafického standardu.

V úvodní části byla popsána současná teoretická východiska metodiky TPM. Dále byly popsány další vhodné metodiky a filozofie, které významným způsobem napomohou spolu s metodikou TPM k celkové efektivitě výrobního procesu.

Při implementaci metodiky TPM je v současné době ve většině případů významným způsobem opomíjena standardizace činností. Praxe ukazuje, že časové náročnosti jednotlivých údržbářských činností nejsou popsány dle skutečně prováděných operací a jejich časová náročnost je stanovena na základě odhadů, které jsou ve většině případů nepřesné.

Nepřesné stanovení spotřeby času má pak tedy velký vliv na první dva bloky TPM „SAMOSTATNÉ A PLÁNOVANÉ ÚDRŽBY“, které jsou následně realizovány s nepřesnými daty, což se výrazným způsobem může projevit na celkové efektivitě výrobního procesu.

Tento přístup k samotné údržbě je samozřejmě odlišný v jednotlivých výrobních podnicích v ČR. Snahou všech výrobních podniků je znát časovou spotřebu pro výrobu dané součásti. V současné době lze říct, že výrobní zařízení jsou vytěžována různě v rozsahu od 40% do 98% svého efektivního časového fondu, tedy tomu odpovídá i celková efektivita zařízení. Dle nejnovějších trendů mají podniky snahu využívat informační systémy, které jim umožní plánovat do plných kapacit.

Pro tyto systémy, aby byly schopny pracovat, tak jak požaduje zákazník, je potřeba především zadat aktuální a přesná data. Dle příkladu uvedeného (viz 3.6) je například zařízení vytěžováno od 38% do 80% v průběhu 10 měsíců. Takto nízké vytěžování zařízení je zejména zapříčiněno nedostatečně prováděnými činnostmi dle bloků totálně produktivní údržby. Většina výrobních podniků zaplánovává výrobu s časovými rezervami pro

případné odstávky zařízení, poruchy atd. Toto plánování je bohužel nesprávné. Proto vidí některé podniky implementaci totálně produktivní údržby jako neefektivní, protože tvrdí, že jim případné odstávky, poruchy zařízení nenarušují jejich výrobní plány a kapacity strojů. Na tento postoj a tvrzení také upozorňuje řada renomovaných společností, které zavádí štíhlé metody tedy i implementaci totálně produktivní údržby, viz následující tabulka.

Tab. 2.1 Omyly a vysvětlení totálně produktivní údržby [15]

OMYL	VYSVĚTLENÍ
<b><i>Jaké jsou ztráty času strojů</i></b>	
Protože plníme plánované úkoly (výkonové normy, nezpoždíme zakázky,...) nemáme žádné ztráty.	Ztráty času strojů nelze zjistit porovnáním provozní doby s plánem. Plán bere v úvahu stávající výrobní poměry, kdežto hodnocení ztrát času vychází z posouzení skutečných – fyzických stavů strojů. Plnění norem o velikosti ztrát NIC nevypovídá.
Plánovaná ztráta (doba na čištění, údržbu, změnu výroby, plánované opravy) nás nic nestojí – není ztrátou, protože s ní počítáme předem.	Důsledek jednotkové ztráty času stroje je vždy stejný bez ohledu na její příčinu. Fakt, že se ztrátou při plánování počítáme, neznamená, že ztráta nenastává. V praxi jsou případy, kdy při plnění norem jsou ve využití stroje rezervy v řádu více desítek procent, běžné.
Naše ztráty času strojů jsou nízké, jejich omezení nám proto nic nepřinese.	Stávající způsoby měření a analýzy ztrát a vyhodnocování důsledků ztrát v klasických firmách jsou často nevěrohodné. Proveďte objektivní měření a analýzu, která často tvrzení o nízkých ztrátách vyvrátí.
<b><i>Kde je možné TPM využívat</i></b>	
Náš obor je zvláštní, TPM se hodí jen do sériové výroby.	TPM se v praxi užívá všeobecně a bez ohledu na sériovost, výrobní obor, nebo druh výrobku. Neexistuje žádná souvislost mezi výrobkem a příležitostmi pro uplatnění TPM.
Nemůžeme používat stejné praktiky jako v Barumu, Autopalu,...atd., protože tam se vyrábí něco jiného.	
<b><i>Jaké jsou přínosy metody TPM</i></b>	
Kdybychom prováděli aktivity podle TPM, vyráběli bychom méně a proto TPM nemůže u nás znamenat přínos.	Je to přesně naopak: budeme provádět aktivity TPM a proto budeme na úkor ztrát více vyrábět, což znamená přínos.
Standardy nepotřebujeme zavádět, protože na našem pracovišti pracují kvalifikovaní odborníci, kteří vědí, co mají dělat.	V klasické firmě tomu stav strojů a pracoviště a produktivita procesů neodpovídá. Využívat kvalifikované odborníky jako náhrady za chybějící pořádek a organizaci je plýtvání jejich schopnostmi.

Než udržovat stroje je lepší stroje intenzivně provozovat, aby se co nejdříve zaplatily a pak je vyhodit a koupit nové.	Ekonomický nesmysl. Náklady na pořízení strojů musí být zahrnuty do celkových nákladů výrobků a tím snižují jejich konkurenceschopnost.
Ve firmě máme pracovníky placené za prohlídky strojů a proto správnou cestou je přinutit je plnit své povinnosti.	Pokud někdo dnes neplní své povinnosti, není to náhoda, ale výsledek působení vadného systému. Bez změny systému pracovníci nezačnou lépe plnit své povinnosti a své dosavadní chování nezmění.
Čištění strojů a drobné opravy známe z minulosti. Stačí, když všichni budou plnit své povinnosti a TPM nebudeme potřebovat.	Klasické systémy péče o stroje jsou proti TPM mnohem méně výkonné.
	Platit specialistu za něco, co může provést operátor, který je již zaplacen, je plýtvání.
<b><i>Jaké je místo TPM v podniku</i></b>	
Nemáme čas (peníze, lidi,..) na čištění strojů a pracoviště, vyhledávání a odstraňování abnormalit, opravy strojů, neboť musíme co nejvíce vyrábět.	Potom musíme najít čas (peníze, lidi,..) na nápravu situace, kdy se stroje v důsledku zanedbané údržby zastaví, nebo dojde k významným ztrátám. Správně zvolená prevence je vždy levnější, než žít z podstaty.
Naši mistři a technici nemají čas na zavádění TPM, zpracování návrhů standardů atd..., protože musí řídit výrobu, která nás živí.	Ten, kdo nemá dost sil nebo prozíravosti, aby si naostřil sekeru, protože musí stále sekat, je odsouzen se udržet bez výsledku.
<b><i>Jak se TPM zavádí</i></b>	
Nejdříve by se s TPM měl seznámit vrcholový management. Ten by měl rozhodnout, co dělat.	Seznámení vrcholového managementu s metodou TPM se provádí jako první věc.
Dosavadní zkušenosti nás vedou k přesvědčení, že údržba nebude spolupracovat, a proto je námaha se zavedením TPM zbytečná.	Seznámení vrcholového managementu s metodou TPM se provádí jako první věc.
Nejdříve musíme nechat opravit všechny stroje, potom má smysl zavádět metodu TPM.	Nerealistické a nákladné. TPM lze uplatnit a je přínosem bez ohledu na výchozí stav strojů a zařízení.
Nemáme peníze na opravy strojů, což je vzhledem k jejich zanedbanému stavu to nejdůležitější, a proto nám TPM nepomůže.	Málokdy je pravda, že nemáme žádné peníze na opravy strojů, ale hlavně: to není argument pro nevyužívání přínosů, které metoda TPM přináší.

Tvorbu standardů při implementaci totálně produktivní údržby potvrzují zejména následující konzultační společnosti:

- a) Ing. Otakar Ježek PRODUKTIVITA.CZ,
- b) Aperta s.r.o.,



- c) API – Akademie produktivity a inovací, s.r.o.,
- d) RAKYTA – CONSULTING,
- e) IPA Slovakia.

Pro ověření těchto skutečností jsem provedl výzkum formou dotazníkového šetření, který detailněji analyzuji (viz 3.6). Při torbě dotazníku jsem využil moderní formu dotazníkového šetření pomocí webového rozhraní. Celkem jsem oslovil 27 respondentů/společností. Z toho na samotný dotazník odpovědělo 13 respondentů. Dotazník otevřelo, ale nedokončilo 14 respondentů. Vyhodnocený dotazník jsem následně ještě porovnával z obdobným dotazníkem, jenž jsem vytvořil v desátém měsíci roku 2009, který je součástí přílohy III v digitální podobě. Z hlediska nízkého počtu vyplněných dotazníků vyplývá, že společnosti nechtějí zveřejňovat jednotlivé úrovně stupně zavedení totálně produktivní údržby. Tento přístup k vyplňování dotazníku je zřejmý, protože by mohli odejít ze společnosti informace, které by mohly negativně ohrozit jejich pozici na trhu.

Největšími problémy implementace totálně produktivní údržby jsou hlavně následující oblasti:

- a) určení časové náročnosti (spotřeby práce) jednotlivých údržbářských úkonů,
- b) sestavování údržbářských postupů, včetně jejich zatřídění,
- c) přiřazení výkresové dokumentace ke strojům a postupům.

V činnostech údržby se vyskytuje řada procesů (údržbářských zásahů), které se často opakují, proto je vhodné tyto činnosti zmapovat a následně standardizovat a případně optimalizovat.

Jedním z cílů disertace bylo vytvořit a vyvinout software „NORMATIVY 2011“, který umožňuje podrobnou analýzu údržbářských činností včetně jejich simulace.

Pro tvorbu postupů údržbářských činností byl vytvořen databázový systém software „NORMATIVY 2011“, který je schopen přiřazovat časovou náročnost činnostem za pomoci soustavy pohybových normativů. Grafická dokumentace a simulace standardizovaných postupů bude prováděna pomocí 3D grafického systému SolidedgeV20.

Socioekonomický přínos výsledků disertace je v uvedení nového přístupu a filozofie při tvorbě standardizovaných dokumentů. Ekonomické přínosy se hlavně projeví v úspoře času při tvorbě standardizované dokumentace a dále se projeví v samotné výrobní činnosti,

kde dojde vlivem aplikace metodiky „totálně produktivní údržby“ ke stabilizaci procesu a zvýšení celkové efektivity výrobních zařízení. Z hlediska sociálního přístupu je uvedena efektivnější metodika tvorby standardů, která může odbourat předsudky proti standardizaci.

### 3 Popis vlastního řešení

Hlavním cílem disertace je vypracování komplexního podpůrného systému umožňujícího snížení prostojů a ztrát v celoživotním cyklu investičního majetku užívaného ve výrobním procesu.

Pro dosažení hlavního cíle jsou stanoveny následující dílčí cíle:

- a) vytvoření softwaru NORMATIVY 2011,
- b) volba nejefektivnější metody pro stanovení spotřeby času na operce,
- c) vytvoření výchozího 3D grafického standardu.

Pro ověření potřebnosti cíle disertace bude proveden průzkum potřebnosti výsledků disertace.

#### 3.1 Průzkum potřebnosti výsledků disertace

Pro zjištění potřebnosti řešení disertace jsem provedl průzkum trhu pomocí interaktivních dotazníků.

##### 3.1.1 Cíl průzkumu

Cílem průzkumu bylo zjistit:

- a) Jaké stupně údržby jsou aktivně využívány ve výrobních podnicích,
- b) Kdo zajišťuje údržbu investičního majetku podniku (interně/externě),
- c) Jaké bloky totálně produktivní údržby jsou využity ve výrobních podnicích,
- d) Jaké metody pro normování spotřeby práce jsou využity v údržbářských činnostech,
- e) Jaký stupeň softwarové podpory je využíván pro zajištění údržbářských zásahů,
- f) Druhy softwarů, které jsou využívány pro řízení údržbářských zásahů,
- g) Jaký je zájem o demoverzi software, který již obsahuje znormované údržbářské postupy a umožňuje tyto postupy upravovat a skládat,
- h) Jaký je zájem o výsledky disertace.

##### 3.1.2 Problémy v oblastech údržby

- Jsou využívány aktivně všechny typy údržby ve výrobních podnicích?

- Jakým způsobem výrobní podniky zajišťují údržbářské zásahy?
- Využívají se všechny bloky totálně produktivní údržby ve výrobních podnicích?
- Jaké metody jsou využity při stanovení spotřeby času v údržbářských činnostech?
- Jaké stupně softwarové podpory jsou využity pro zajištění údržbářských zásahů?
- Jaké software jsou využívány pro řízení údržbářských zásahů?
- Byl by zájem o software, který by byl schopen integrovat prvky totálně produktivní údržby?
- Bude zájem o výsledky disertace?

### 3.1.3 Hypotéza

Problematika průzkumu trhu z hlediska řešené problematiky je velice komplikovaná. Můžeme dostat několik pohledů na odpovědi v dotaznících. První typ odpovědí se bude snažit naprosto vychválit svůj podnik před konkurencí, aby získal zákazníky svým kvalitním řízením, a bude tedy záměrně odpovídat na otázky tak, aby výsledky dotazníku potvrdily jeho kvality. Druhý typ odpovědí bude využívat anonymitu a pro účely disertace odpoví dle aktuální situace v podniku. Třetí typ odpovědí může být pouze otevření dotazníku bez jeho vyplnění.

Předpokládá se, že v následujících oblastech budou učiněny tyto závěry:

- a) Většina výrobních podniků využívá všechny stupně údržby, ale bohužel je neaplikuje na všechna zařízení, nebo některým nevěnuje dostatečnou pozornost,
- b) Výrobní podniky využívají jak interní, tak externí služby údržbářských zásahů,
- c) Bloky totálně produktivní údržby jsou zavedeny na rozdílné úrovni, zejména je potřeba rozšiřovat blok standardizaci, kde by bylo vhodné se zaměřit na spotřebu času a výkresovou dokumentaci,
- d) Předpokládá se, že v údržbářských zásazích nejsou využívány pohybové normativy a jen v malé míře je mapováno na základě skutečného stavu,

- e) Pro podporu údržbářských zásahů se využívají moduly, které podporují pouze plány pravidelných inspekčních zásahů. Chybí softwarová podpora pro podporu totálně produktivní údržby,
- f) Nejčastěji jsou využívány údržbářské moduly od společnosti SAP a IFS,
- g) Bude zájem o demoverzi software, která bude integrovat prvky totálně produktivní údržby,
- h) Bude zájem o výsledky disertace.

#### **3.1.4 Tvorba vlastního průzkumu**

Vlastní otázky průzkumu jsem vypracoval do webové aplikace a nastavil přístupová práva. K jednotlivým otázkám jsem přiřadil odpovědi s různými možnostmi zatrhnutí včetně grafiky. Dále jsem připravil uvítací a zakončovací text.



## Průzkum v oblasti nasazení totálně produktivní údržby

Děkují za čas, který strávíte vyplněním následujícího dotazníku. Vyplňování by vám nemělo zabrat více než 5 minut. Děkuji

Ing. Aleš Dresler



POKRAČOVAT

## Průzkum v oblasti nasazení totálně produktivní údržby

### 1 Jaké stupně údržby aktivně využíváte ve svém podniku?



- ☐ Opravy po poruše
- ☐ Periodická prevence
- ☐ Technická diagnostika
- ☐ Optimalizace nákladů
- ☐ Využití operátorů
- ☐ Jiná odpověď:

Obr. 3.1 Otázka č. 1 – průzkum úrovně údržby


2 Kdo Vám zajišťuje údržbu investičního majetku?



☐ Údržbu investičního majetku provádí naši kmenoví zaměstnanci  
☐ Údržbu investičního majetku provádí externí společnost  
☐ Údržbu investičního majetku provádíme jak interně, tak externě  
☐ jiná odpověď:

Obr. 3.2 Otázka č. 2 – průzkum úrovně údržby


3 Které bloky totálně produktivní údržby využíváte ve svém podniku?



☐ Samostatná údržba  
☐ Plánovaná údržba  
☐ Trénink pracovníků  
☐ Metodika hladkých přejímek  
☐ Technická zdokonalení strojů  
☐ jiná odpověď:

Obr. 3.3 Otázka č. 3 – průzkum úrovně údržby

**4** Jakou metodu pro normování spotřeby práce využíváte v údržbářských činnostech?



- ☐ Methods Time Measurement
- ☐ Maynard Operation Sequence Technique
- ☐ Soustavu normativů projektování práce
- ☐ Normování spotřeby práce provádíme pomocí „snímku operace“/„čas změříme stopkami“
- ☐ Nevyužíváme žádnou metodu
- ☐ Jiné metody
- ☐ Jiná odpověď:

Obr. 3.4 Otázka č. 4 – průzkum úrovně údržby

**5** Využíváte softwarovou podporu pro zajištění údržbářských zásahů?



- ☐ Součástí software je plán pro provádění inspekčních prohlídek
- ☐ Součástí software jsou údržbářské postupy
- ☐ Součástí software jsou údržbářské postupy se spotřebou práce
- ☐ Součástí software jsou údržbářské postupy se spotřebou práce a grafickou dokumentací
- ☐ Jméno software, který používáte:

Obr. 3.5 Otázka č. 5 – průzkum úrovně údržby



6 Mate zájem o zaslání následujících dat?

6. Mám zájem o demoverzi software, který již obsahuje znormované údržbářské postupy a umožňuje tyto postupy upravovat a skládat.

6. Mám zájem o zaslání disertační práce

6. Prosím uveďte kontaktní email:

Obr. 3.6 Otázka č. 6 – průzkum úrovně údržby

**7 Kontaktní údaje.**

☐ Chci být anonymní uživatel

☐ Chci uvést název naší společnosti pro účely disertační práce:

**ДОКОНЧИТ**

 vyplněno 100 %

Obr. 3.7 Otázka č. 7 – průzkum úrovně údržby



Obr. 3.8 Závěr – průzkum úrovně údržby

### 3.1.5 Odeslání vlastního průzkumu respondentům

Výběr charakteristiky respondentů byl proveden z oblasti výrobních strojírenských podniků, které mají 30 až 1500 zaměstnanců. Celkem bylo osloveno 27 respondentů ze strojírenských podniků, kteří sídlí v České Republice. Emailové adresy respondentů jsou uvedeny v elektronické příloze.

Jako vlastní text emailu s odkazem jsem záměrně použil co nejkratší a jednodušší formu oslovení, abych respondenty nezatěžoval nadměrnými informacemi. Text emailu je v elektronické příloze. Průzkum trhu probíhal v průběhu března a dubna 2011.

### 3.1.6 Zaznamenání vlastního průzkumu a vyhodnocení

Zaznamenávání a vyhodnocování probíhalo průběžně za pomoci vytvořených pravidel ve webové aplikaci.

V horní fialové části je vždy zobrazena otázka. V další řádkách jsou textové možnosti odpovědi na otázku se sloupcovými grafy a počty určující počet zatržených odpovědí k dané odpovědi na řádku. Na posledním řádku se symbolem panáčku je celkový počet respondentů, kteří odpověděli na danou otázku. Pod samotnou tabulkou je vyobrazen koláčový graf, který jednotlivé odpovědi na předmětnou otázku zrekapituluje. Vpravo od grafu je uvedena legenda. Plné texty otázek nejsou u některých sloupcových grafů z důvodu grafiky vidět. Celé znění odpovědí je možné najít v koláčových grafech hned pod

sloupcovými, případně v samotném zadání dotazníku (viz 3.1), nebo v elektronických přílohách.



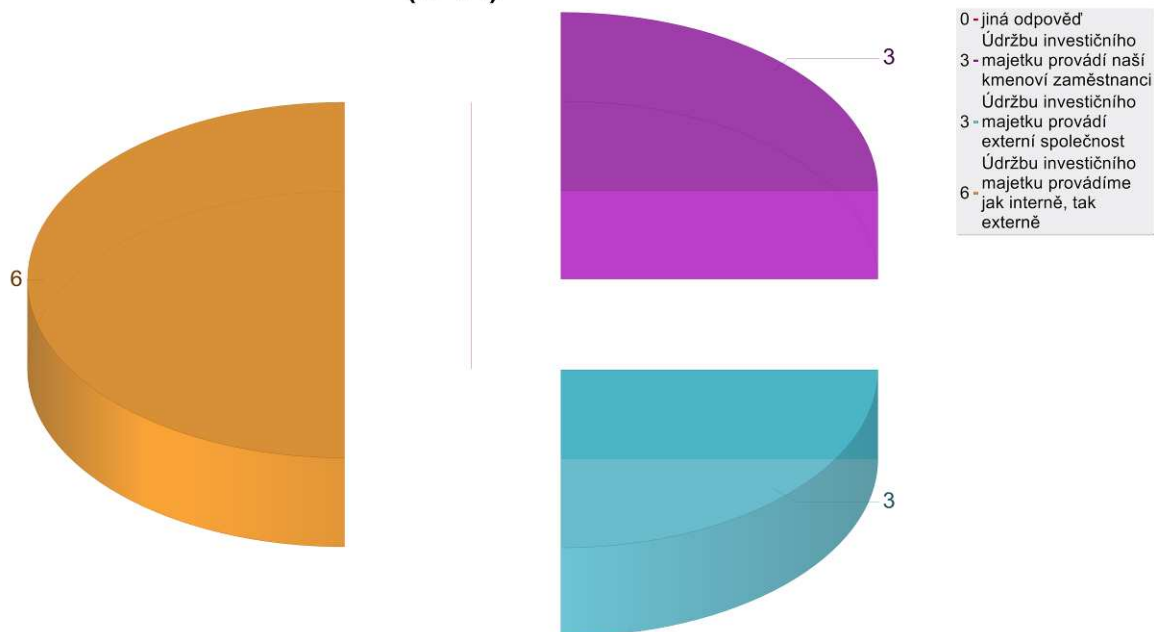
Obr. 3.9 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 1

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Nejsou využívány všechny stupně údržby. Nejvíce se stále využívá klasická oprava po poruše.

02 Kdo Vám zajišťuje údržbu investičního majetku?			
Údržbu investičního majetku provádí	<div></div>	3	
Údržbu investičního majetku provádí	<div></div>	3	
Údržbu investičního majetku	<div></div>	6	
jiná odpověď		0	
			11

**Kdo Vám zajišťuje údržbu investičního majetku?**  
(N=11)



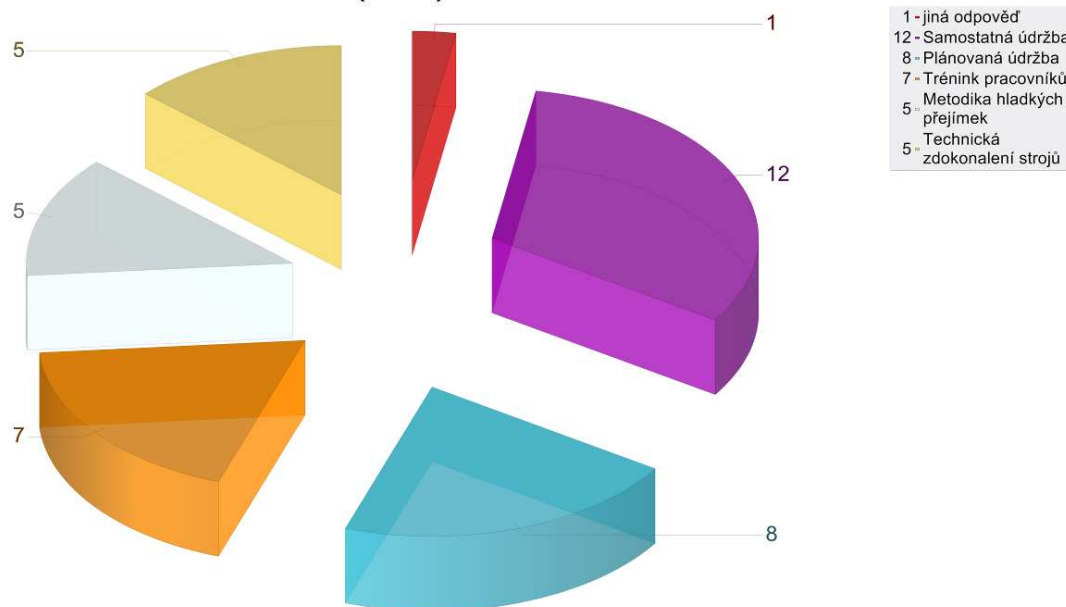
Obr. 3.10 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 2

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Nejvíce je využívána kombinovaná údržba



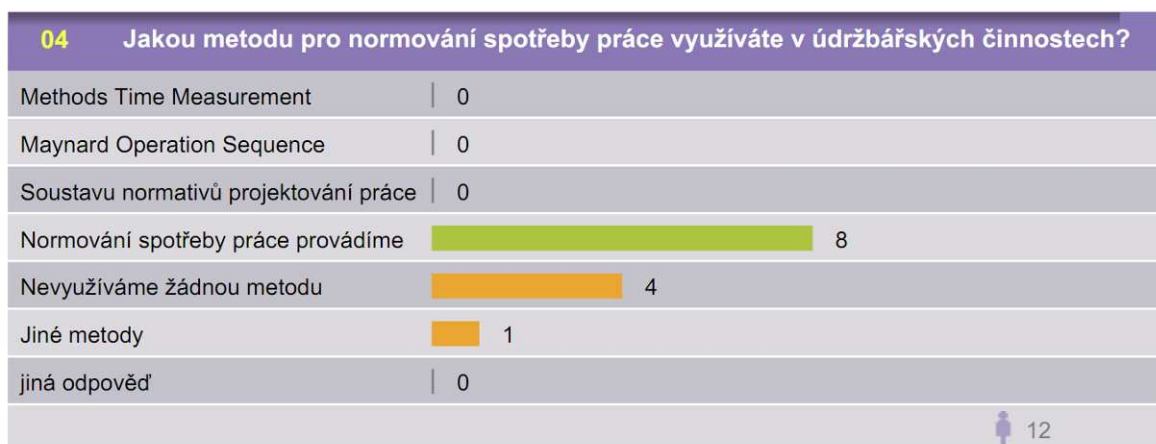
**Které bloky totálně produktivní údržby využíváte ve svém podniku?**  
(N=12)



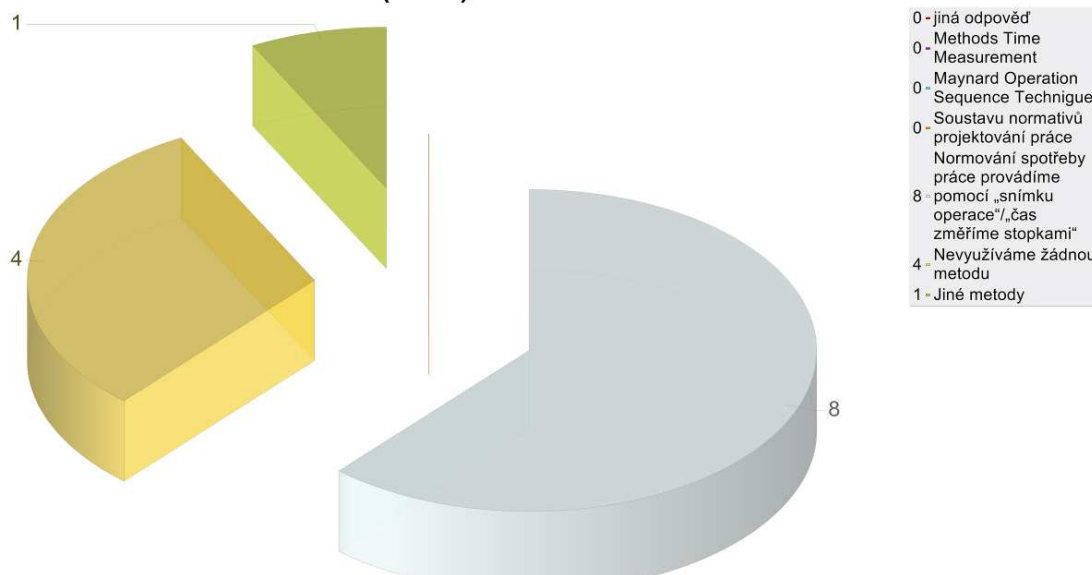
Obr. 3.11 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 3

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Nejvíce je využívána samostatná údržba, ostatní stupně totálně produktivní údržby se využívají méně.



**Jakou metodu pro normování spotřeby práce využíváte v údržbářských činnostech?**  
(N=12)



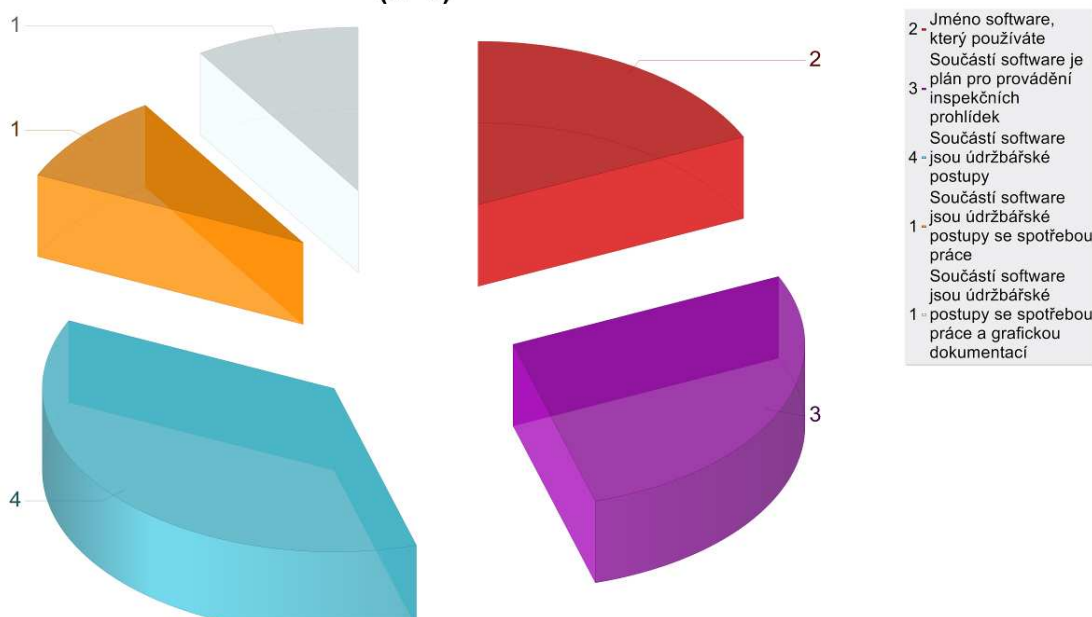
Obr. 3.12 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 4

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Pro stanovení spotřeby práce v údržbářských činnostech se nevyužívá pohybových normativů. Mapuje se zejména dle skutečného stavu.

05 Využíváte softwarovou podporu pro zajištění údržbářských zásahů?		
Součástí software je plán pro	<div></div>	3
Součástí software jsou údržbářské	<div></div>	4
Součástí software jsou údržbářské	<div></div>	1
Součástí software jsou údržbářské	<div></div>	1
Jméno software, který používáte	<div></div>	2
		 6


### Využíváte softwarovou podporu pro zajištění údržbářských zásahů (N=6)

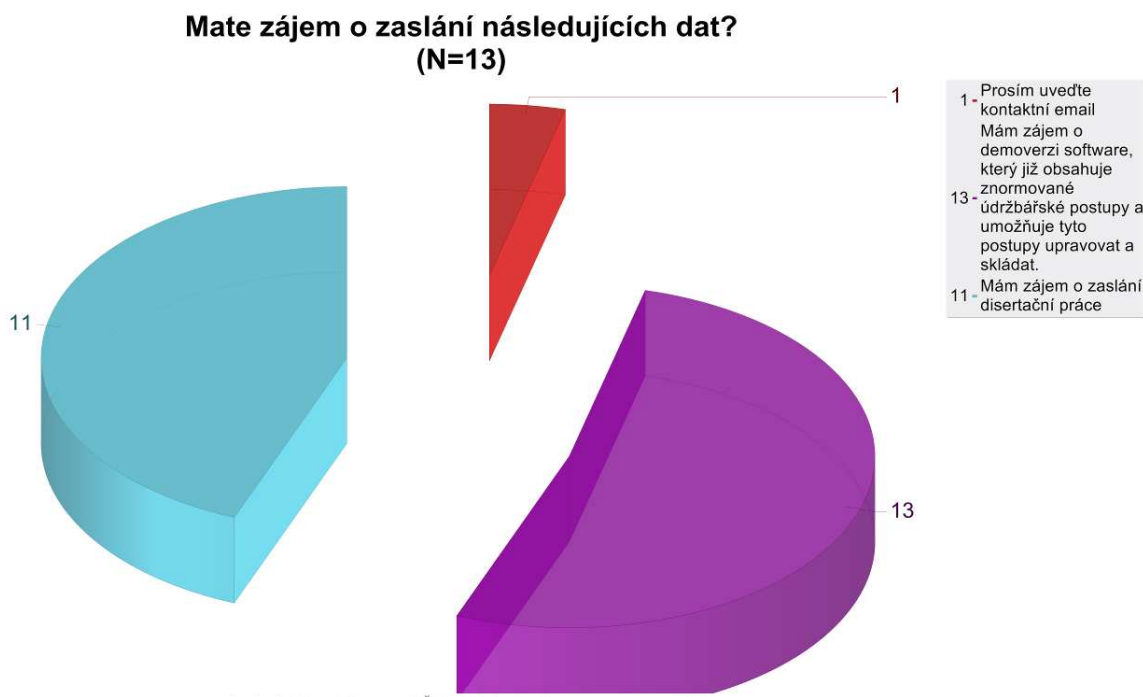


Obr. 3.13 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 5

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Zejména jsou užívány softwarové podpory, které umožňují pouze tvorbu postupů.

06 Mate zájem o zaslání následujících dat?		
Mám zájem o demoverzi software,	<div></div>	13
Mám zájem o zaslání disertační práce	<div></div>	11
Prosím uveďte kontaktní email	<div></div>	1
		 13

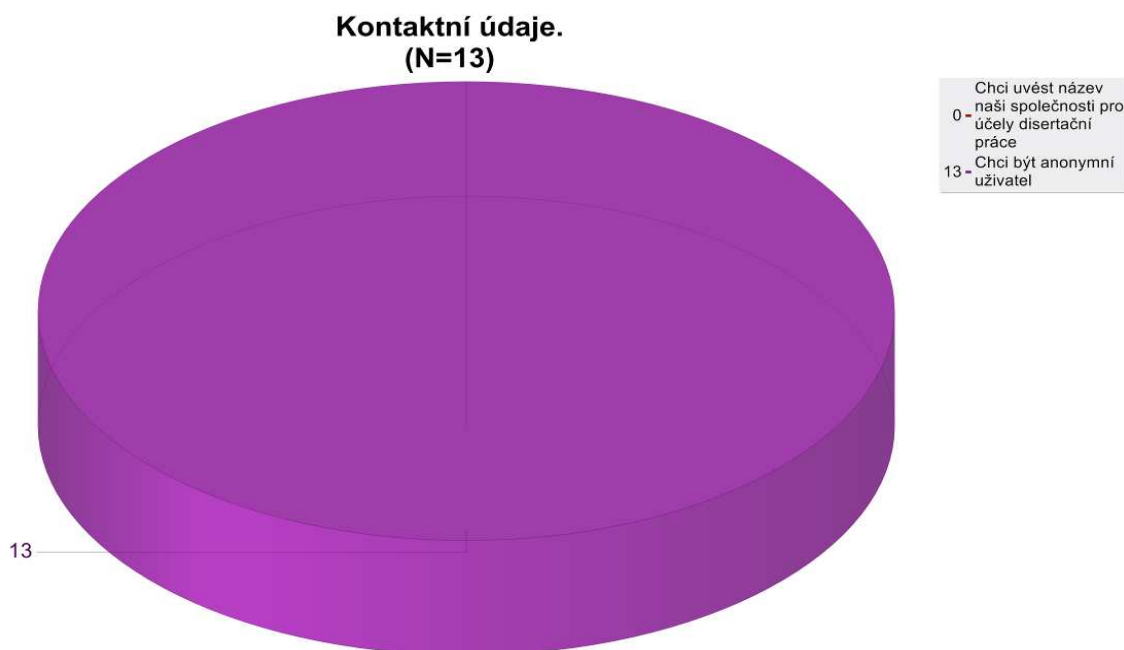


Obr. 3.14 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 6

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Je zájem o demoverzi software i samotné výsledky disertace.





Obr. 3.15 Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 7

Dílčí slovní zhodnocení otázky:

Všichni respondenti si přejí zůstat v anonymitě.

Celkové zhodnocení průzkumu:

Průzkum byl vyplňován na několik etap. V prvním rozeslání elektronické verze na dotazník odpověděl pouze jeden respondent. Proto jsem vybrané podniky ještě oslovil telefonicky a prosil je o vyplnění dotazníku. Poté jsem ještě v pěti podnicích oslovil přímo operátory, kteří také vyplnili dotazníky. Bohužel ani jeden respondent pro účely disertace nechtěl uvést název společnosti. Tuto skutečnost anonymity jsem akceptoval. Bohužel z hlediska výsledků dotazníku není možno porovnat umístění a případnou velikost podniků. V současných podmínkách konkurence, kde se informace za pomoci rozvoje informačních technologií šíří velkou rychlostí jsem očekával větší počet vyplněných interaktivních dotazníků.

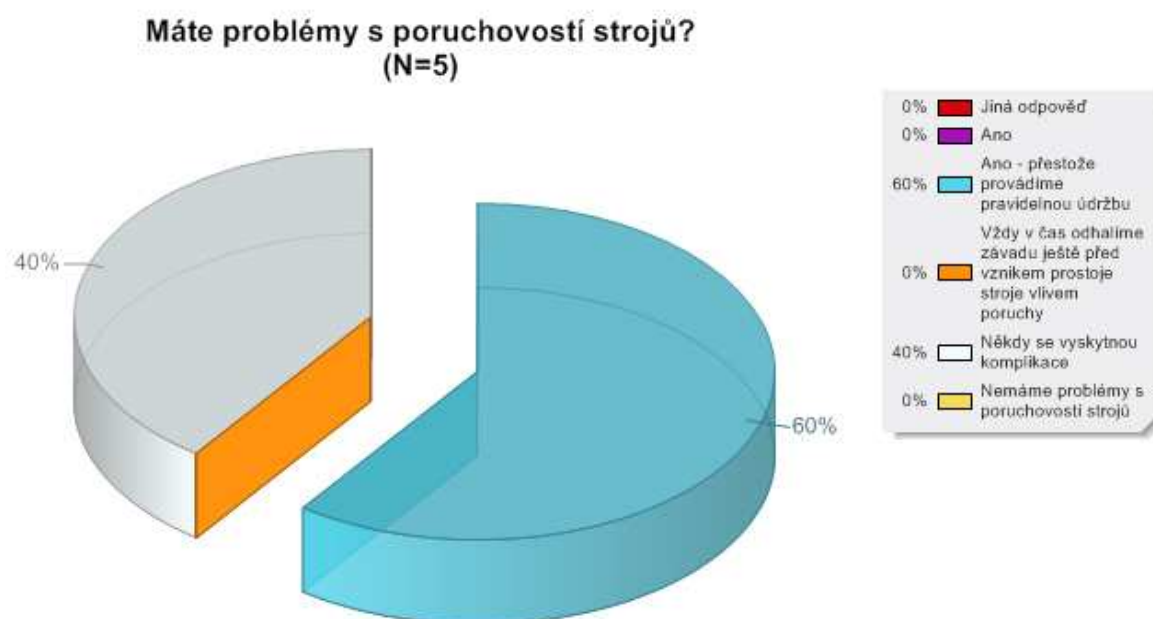
Z celkového závěru plyne, že podniky implementují totálně produktivní údržbu, ale bohužel její úroveň je značně rozdílná. Mnohdy výrobní podniky implementují jenom části této metodiky, nebo mají jiný názor na vyložení jednotlivých bloků totálně produktivní údržby. Podniky by přivítaly softwarovou podporu a informace, které by jim umožňovaly efektivnější implementaci totálně produktivní údržby. Dle průzkumu dále vyplývá, že standardizace je v údržbářské činnosti prováděna, ale bohužel bez určení objektivní časové náročnosti.

Při konzultaci nasazení totálně produktivní údržby na jednotlivých stupních řízení a od operátorů ve stejném podniku jsem dostával odlišné informace. Zejména na vyšších stupních řízení jsem dostával informace o širší implementaci než na nižších stupních řízení.

V průběhu řešení disertace jsem v roce 2009 provedl obdobný průzkum, který řešil podobné otázky z oblasti implementace totálně produktivní údržby. Jsou zde vyňaty pouze otázky, které se přímo týkají oblasti nasazení totálně produktivní údržby. Celé znění dotazníku z roku 2009 je v elektronické příloze. Z následujícího grafu vyplývá, že je prováděna údržba, ale ještě není prováděna tak, aby byla snížena poruchovost strojů na minimální úroveň.


4 Máte problémy s poruchovostí strojů?

☐ Ano  
☐ Ano - přestože provádíme pravidelnou údržbu  
☐ Vždy v čas odhalíme závadu ještě před vznikem prostoje stroje vlivem poruchy  
☐ Někdy se vyskytnou komplikace  
☐ Nemáme problémy s poruchovostí strojů  
☐ Jiná odpověď:



Obr. 3.16 Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 4

5 Sledujete výrobní činnost stroje?



☐ Ano sledujeme - prostoje i strojní čas eviduje obsluha  
☐ Po určité době vyhodnocujeme evidenci obsluhy  
☐ Vše automaticky vyhodnocuje počítač a podává předdefinované příkazy o průběhu výroby

POKRAČOVAT

vyplněno 50 %



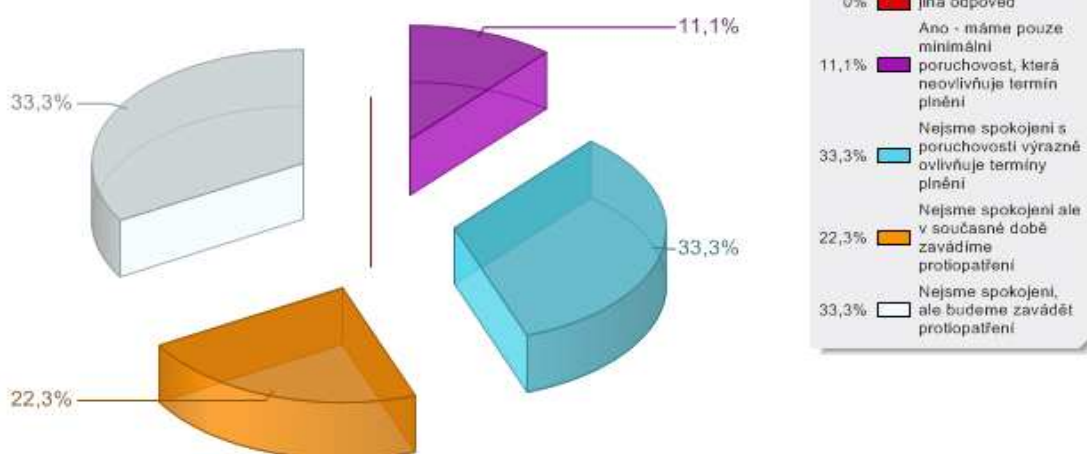
Obr. 3.17 Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 5

## Výzkum v oblasti řízení strojírenské výroby

6 Daří se Vám udržet poruchovost strojů v akceptovatelných mezích?



Daří se Vám udržet poruchovost strojů v akceptovatelných mezích?  
(N=9)

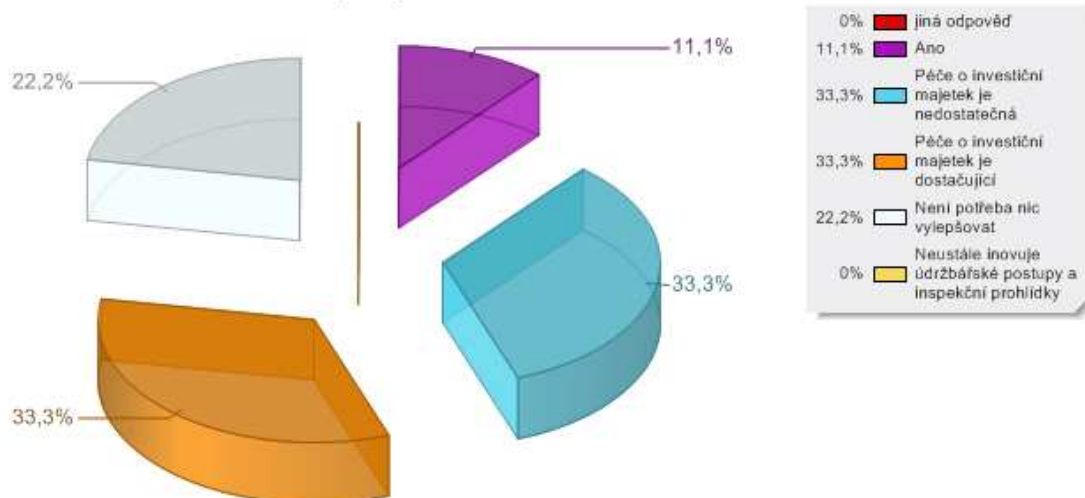


Obr. 3.18 Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 6





**Myslíte si, že je potřeba věnovat větší péči o Váš investiční majetek?**  
(N=9)



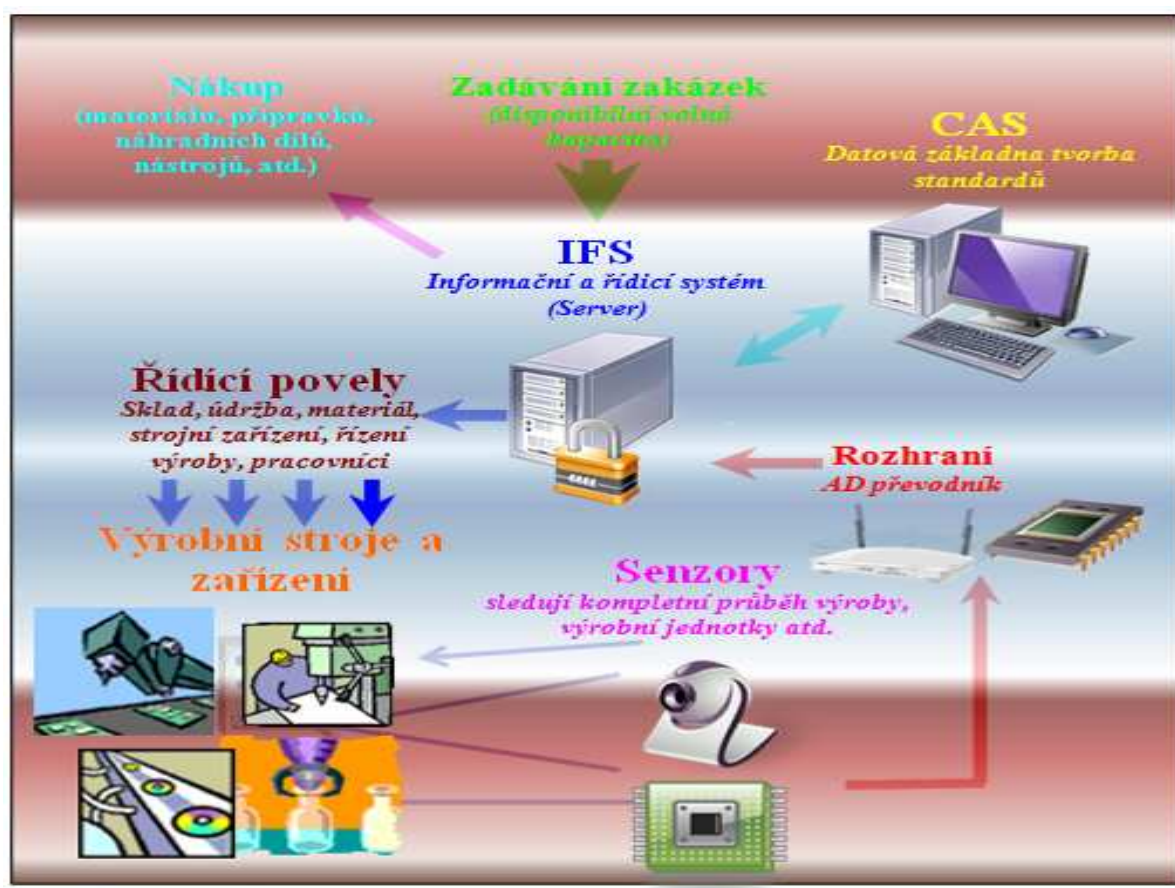
Obr. 3.19 Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 7

Průzkumy provedené v roce 2010 a 2009 se vzájemně doplňují informacemi, tudíž jsem aktuálněji schopen zacílit cíle disertace do oblastí totálně produktivní údržby.

### 3.2 Vytvoření softwaru **NORMATIVY 2011**

Na trhu se vyskytují nejrůznější druhy podpůrných systémů ve všech oblastech nejen strojírenské výroby. V současné době neexistuje komplexní software, který by dokázal pokrýt celou předvýrobní a výrobní fázi výroby, např. od kreslení výkresů, generování drah pro CNC obráběcí stroje až po komplexní systém řízení. Proto každý software pro strojírenskou výrobu dokáže zpracovávat data od několika typově jiných software, které se specializují na určitou výrobní činnost a oblast [17].

Systémy pro nasazení totálně produktivní údržby jsou již standardně integrovány v odborných modulech informačních systémů. Následující schéma naznačuje informační toky a strukturu pro dosažení efektivního zavádění TPM.



Obr. 3.20 Platforma TPM

Předmětem tohoto bloku disertace je návrh databázového systému CAS, který je vyobrazen ve schématu v pravém horním rohu.

### 3.2.1 Průzkum trhu pro účely zjištění vhodného softwaru

Ještě před samotným návrhem softwaru proběhl průzkum trhu, který si kladl za cíl zjistit, jestli neexistuje software s podobnými požadovanými funkcemi.

Mezi základní požadavky na údržbářský software patří (zadáni):

a) Nejdůležitější hledisko požadované funkce:

- tvorba obecného postupu zejména s funkcemi, které pracují s časovou náročností operace,
- přiřazování operátorských rolí k jednotlivým činnostem,
- funkce, která zabezpečí hierarchický logický rozpad zařízení ve formě údržbářských zásahů a postupů inspekčních prohlídek,
- tvorba databáze, která umožní na uživatelské úrovni vytvářet, vypracovávat a kombinovat různé pohybové normativy,
- kopírování jednotlivých rozpadů zařízení a editování jejich postupů s následnými změnami,
- rychlost tvorby postupů a jejich kombinování, vzhledem k údržbářským činnostem,
- moderní uživatelské prostředí.

b) Očekávané standardní uživatelské funkce systému:

- tvorba a zpráva uživatelských rolí,
- jednoduchost systému na ovládání,
- databázový systém ukládání,
- export postupů do tisknutelného formátu,
- připojení dat, zejména výkresové dokumentace k postupům.

c) Obecné technické požadavky na systém:

- existence centrální databáze na jednotném úložišti (server),
- přístup k databázi odkudkoli kde je počítač připojen na internetovou síť,
- standardní softwarové a hardwarové požadavky, které jsou na úrovni běžného kancelářského PC,
- nenáročnost na vytížení počítače.



d) Ekonomické požadavky na systém:

- přijatelná cena k požadavkům zákazníků. Je počítáno s tím, aby se návratnost investice vrátila zákazníkovi v co nejkratším čase,
- nenáročnost systému na údržbu,
- žádné náklady na tvorbu dalších postupů a normativů.

### 3.2.2 Vyhodnocení průzkumu a volba řešení

Průzkum trhu proběhnul a nabídnul několik výsledků, které byly následně zhodnoceny:

- a) Jako první se samozřejmě objevily softwarové aplikace, které pomocí vizualizací dokážou v imaginárním prostředí nasimulovat jakoukoli činnost. Jednalo se zejména o ergonomické moduly Catia, Technomatic jack a další. Tyto systémy byly zavrhnuty zejména díky pracnosti modelace jednotlivých údržbářských postupů,
- b) Další skupinou jsou softwary, které jsou uzpůsobeny zejména na strojní časy. Jako první v úvahu přecházel SYSKLAS. Po podrobné analýze bylo zjištěno, že tento systém nabízí zejména tvorbu technologických postupů strojního opracování a neumožňuje a neobsahuje databázi vedlejších činností při strojním obrábění. Tento systém neuměl pracovat s pohybovými normativy. Podobně tomu bylo i u následujících softwarů v této skupině Ponorka, Sysnorm, LADY, Olomoucké, Nortns,
- c) Třetí skupinu tvoří jeden software od společnosti MAYNARD CORPORATION, který pracuje na metodice MOST (maynard operation sequence technice). Tento software obsahuje následující moduly: Standardspro, Plan staff manager, Lean line, Technical specification. Tento software umožňuje vypracovávat postupy na základě pohybových normativů a dále je editovat a upravovat. V následující části práce je této metodice věnována pozornost. Tento software nebyl doporučen, protože neumožňoval jednoduché síťové propojení a neumožňoval efektivní databázové zpracování postupů. Tento software také neumožňoval přidávání další základních pohybových normativů a případných specifických celků,
- d) Poslední oblastí byly databázové systémy, které by umožňovaly vytvořit samostatnou databázi dle výše zmíněných specifik. Inspirací pro tvorbu databáze se staly dřívější verze normativů, které byly zpracovány v databázovém systému

ACCES na VŠB – TUO FS kat. 345 doc. Ing. Josef Novákem CSc.. Poslední varianta byla vyhodnocena jako nejpříjemnější, tedy, že bude vytvořena nová databáze.

Při tvorbě databáze se vycházelo z předností veškerých programů zmíněných v jednotlivých oblastech průzkumu. Základní předpoklad byl také, aby byl umožněn přesun dat ze staré databáze do nové.

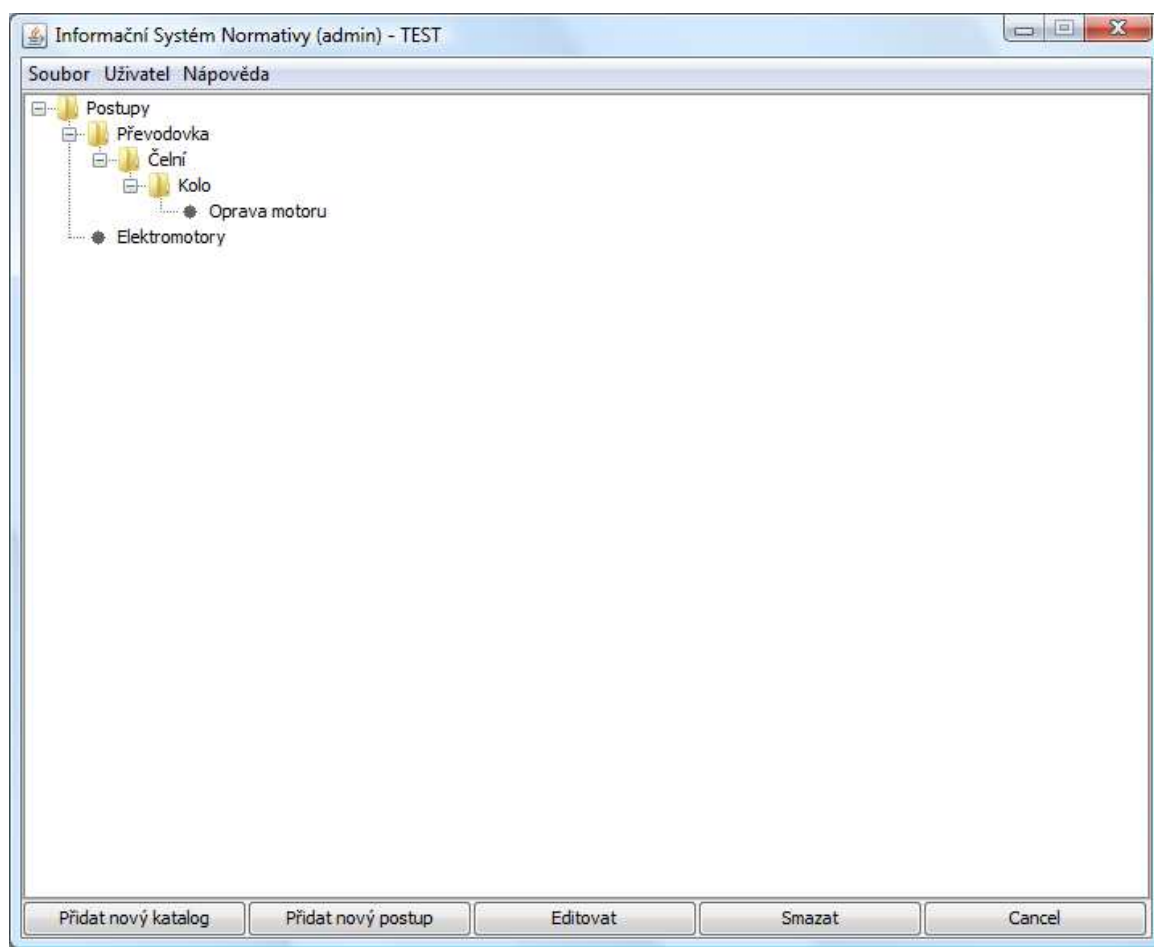
Tomuto základnímu požadavku po následném rozboru nešlo vyhovět, protože při specifikaci databáze se došlo k závěru, že nové normativy budou mít daleko víc uživatelských funkcí a možností jak zpracovávat postupy, proto by bylo neefektivní vycházet ze staré verze. Navíc nové technologie databázových systémů umožňují daleko progresivnější tvorbu s diametrálně efektivnějším využitím.

Při tvorbě databáze software „NORMATIVY 2011“ se nejprve vycházelo z již vytvořených databázových systémů ORACLE, ale tato forma se ukázala jako velice drahá a proto se přešlo na programování databáze pomocí programovacího jazyku JAVA. V rámci disertace bylo navrženo prostředí a algoritmy jednotlivých funkcí. Samotné naprogramování v jazyce JAVA provedl programátor Bc. Libor Kolacek.

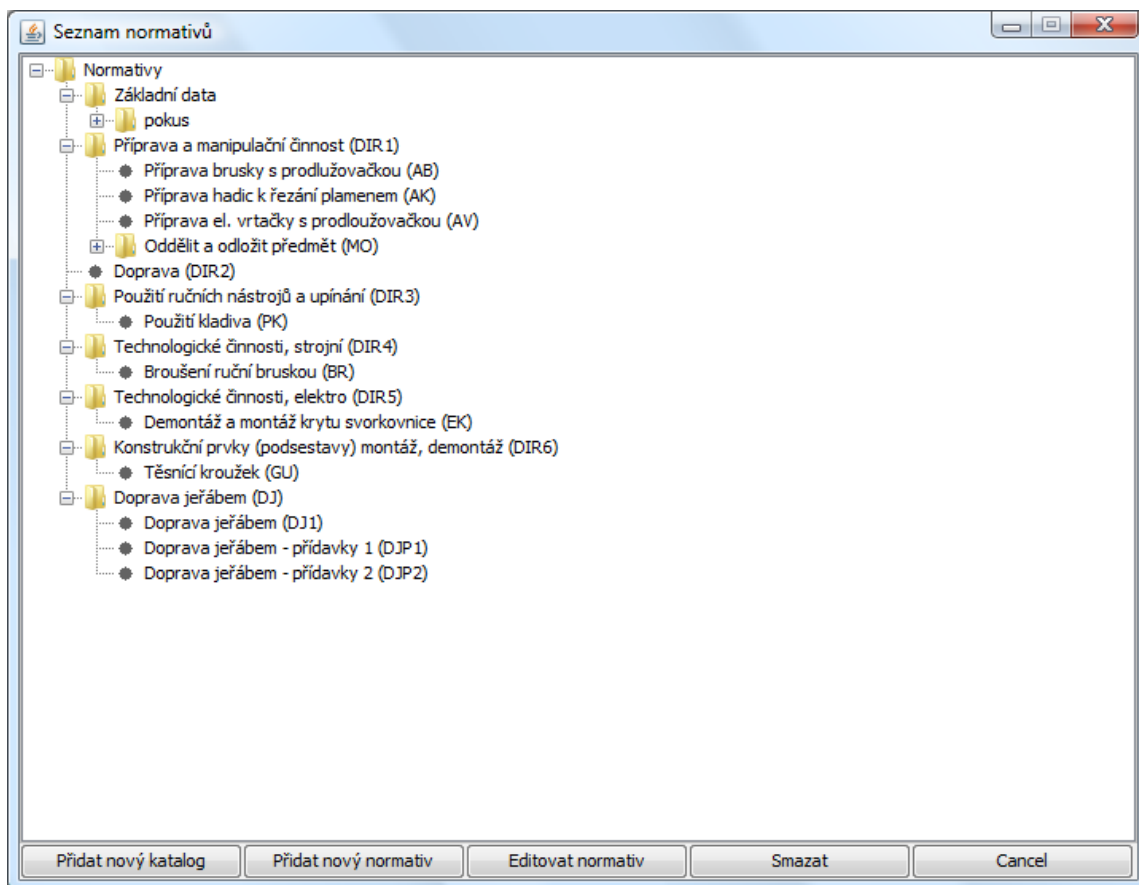
Tento programovací jazyk je nejužívanější na světě a je tedy velký předpoklad pro další udržitelnost databáze. Pomocí tohoto programovacího a dalšího uživatelského software je možno vytvářet okna, dialogy, tlačítka, rámečky, rozbalovací seznamy, atd. Při programování databáze byli využiti programátoři, se kterými byl vytvořen základní databázový program, který je na základě požadavků dále vyvíjen.

### **3.2.3 Uživatelské prostředí software/databáze „Normativy 2011“**

Při návrhu grafického prostředí a základních funkcích se vycházelo z výše zmíněných specifikací na systém. Úvodní okno obsahuje tři základní roletová menu. V samotném okně je zde znázorněn strom formou stromového menu. Tento strom znázorňuje zejména rozpady výrobního investičního majetku podniku. Stromové menu je možno upravovat a přidávat v závislosti na konkrétní aplikaci. Ve spodní části jsou funkční tlačítka, která umožňují pracovat ve stromovém menu.



Obr. 3.21 Uvítací obrazovka „POSTUPY“

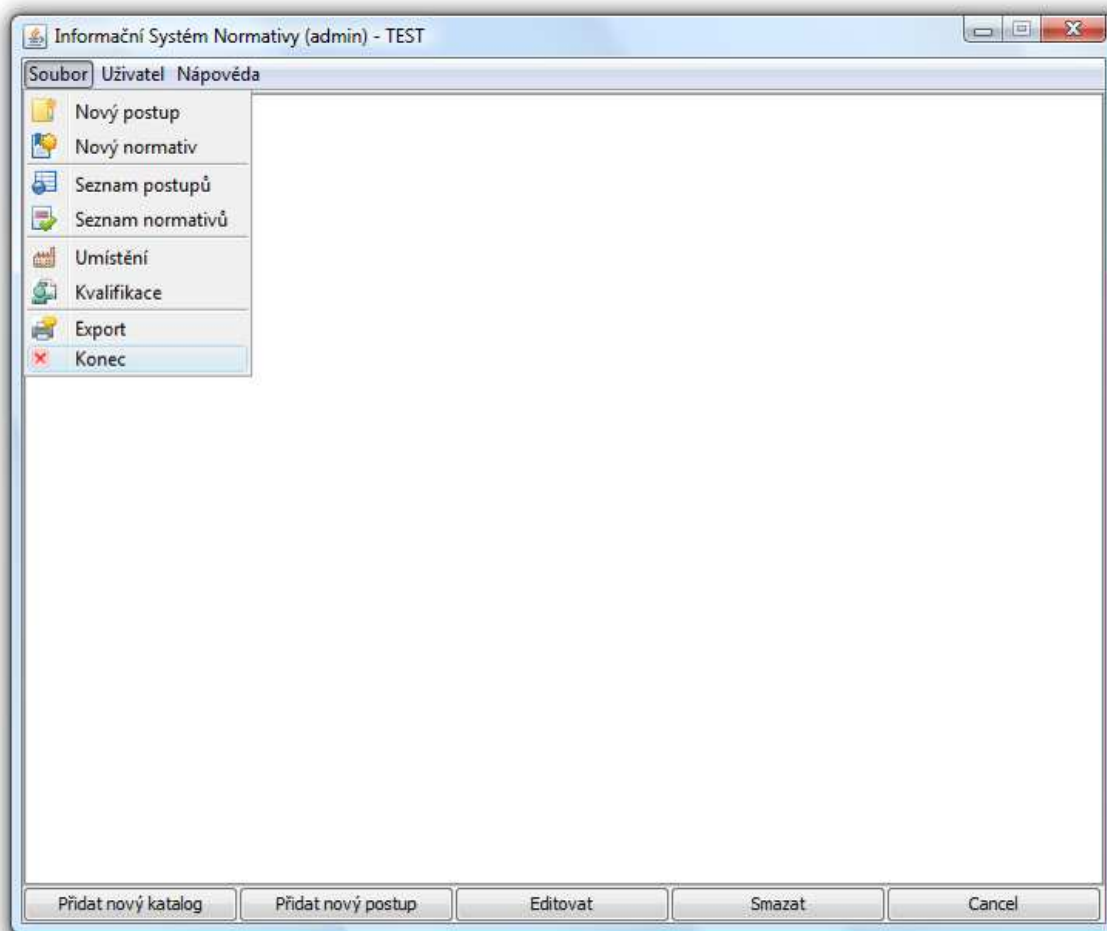


Obr. 3.22 Uvítací obrazovka „NORMATIVY“

Roletová nabídka „Soubor“, umožňuje vytvořit nový normativ, nebo postup. V našem případě se za nový normativ považuje určitý sled činností, které budou vykonávány na standardizovaných činnostech. Novým normativem může být také metodika základních pohybových normativů operátora. Postup „Nový postup“ je tvořen z normativů a zahrnuje konkrétní činnosti, které mohou být standardizované, nebo nestandardizované. Sestavením postupu můžeme také realizovat inspekční a preventivní prohlídky.

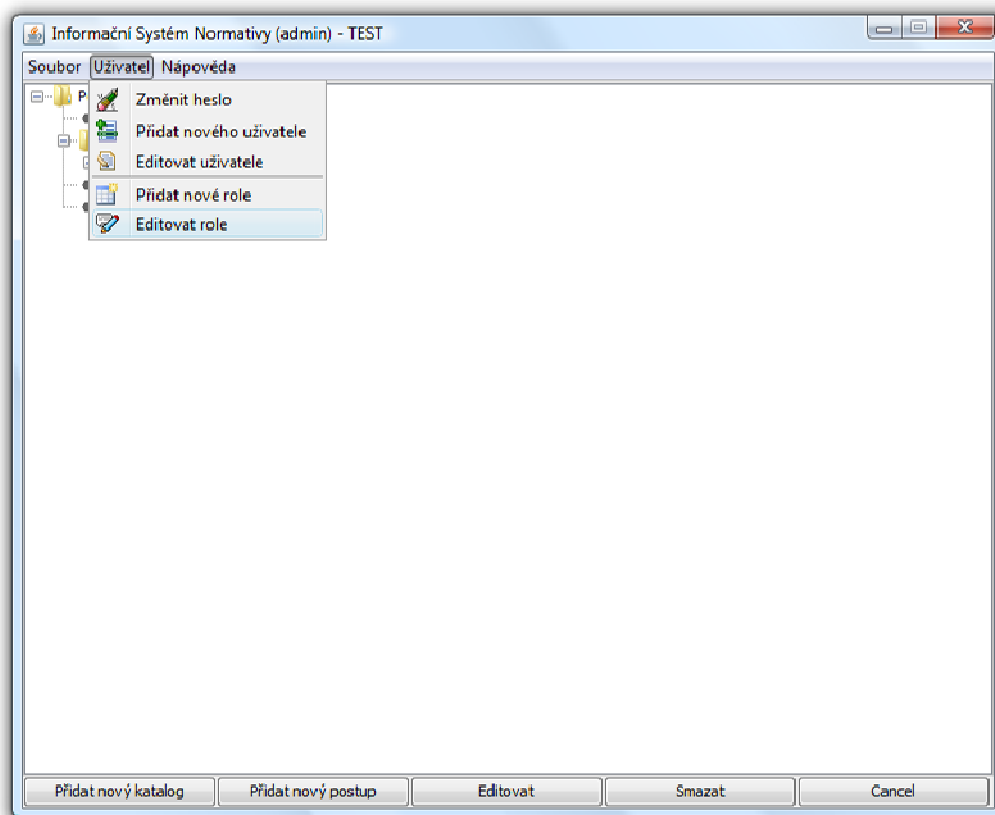
Dále nabídka obsahuje položku „Umístění“, která nám přiřazuje jednotlivé postupy na funkční místa. Položka „Kvalifikace“ přiřazuje operátorské role do postupů, těmto rolím lze přiřadit také mzdu.

Položka „Export“ převádí daný postup do tisknutelného formátu.



Obr. 3.23 Menu „SOUBOR“

Roletové menu „Uživatel“ umožňuje práci s uživateli databáze. Pomocí nabídky lze přidávat uživatele, měnit přístupová práva k jednotlivým agendám.



Obr. 3.24 Menu „UŽIVATEL“

Jestliže v roletovém menu otevřeme záložku „Nový normativ“ dostaneme se do následujícího okna. Nový normativ se vytváří snadno pomocí přidávání řádků a sloupců. K normativu lze přiřazovat různé dokumenty, případně přiřadit k různému zařízení. Funkce nového normativu slouží zejména pro tvorbu základních pohybových normativů.

Okno: Editace normativu - Doprava jeřábem - přídavky 1

Název tabulky: Doprava jeřábem - přídavky 1

Kód tabulky: DJP1

☒ Označovat řádky v tabulce ☐ Označovat sloupce v tabulce

Provedení	Kód	Hodnota kódu	1
null			
Přidavky, U kódu A-D + 10 m	I		0.34
Přidavky, U kódu E-H + 10 m	J		0.84
Přidavky, + další lano	K		2.0

Rodič:  ...  
Dokument:  ...  
Výkres:  ...

Obr. 3.25 Menu „SOUBOR“ záložka „Nový normativ“

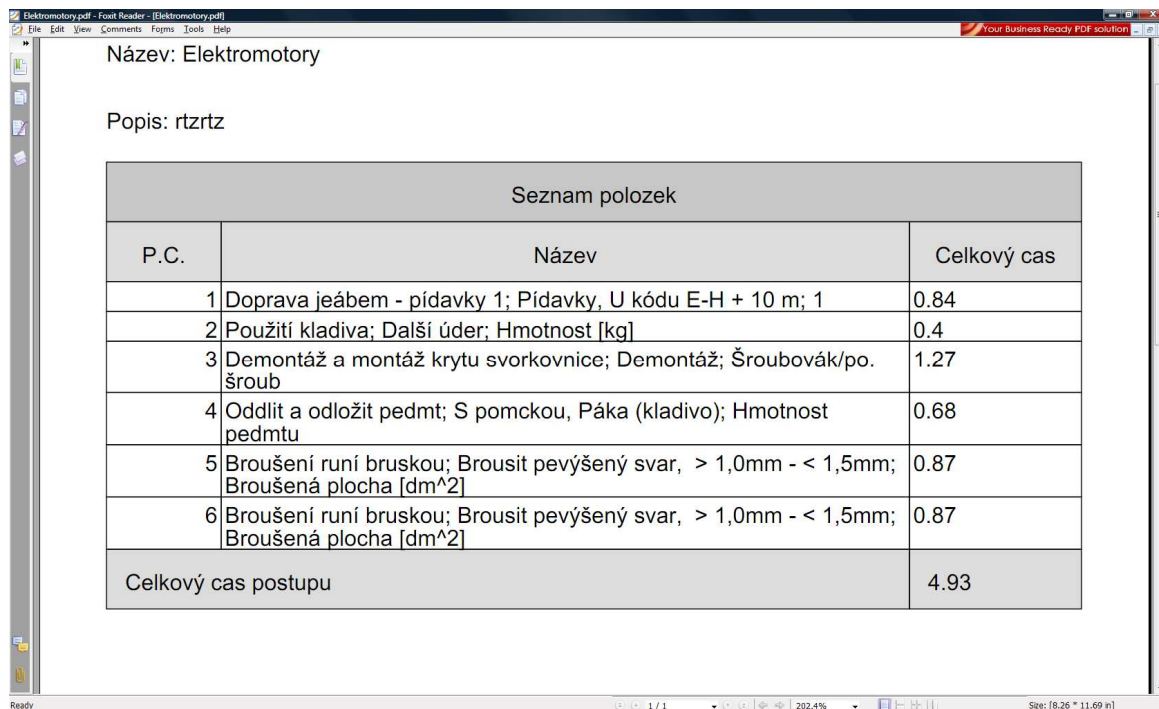
Nový postup lze vytvořit skládáním činností z normativů a z již vytvořených postupů. K novému postupu lze dopsat komentář, připojit umístění, připojit dokumenty a samozřejmě přiřadit danou odbornost operátora. Funkční tlačítka umožňují práci s výpočtovým listem samotného postupu. Ve výpočtové části lze vidět celkový čas, případně přepočet finanční náročnosti postupu. Prostřednictvím přiřazených rolí lze rozpoznat, kdo vytvořil daný postup, případně kdo jej poslední upravil.

p.č.	Text činnosti	TA	TB	TC	Čas
1	Doprava jeřábem - přídávky 1; Přídávky, U kódu E-H + 10 ...	0.84	0.0	0.0	0.84
2	Doprava jeřábem - přídávky 2; Přídávky, U kódu E-H, Zdv...	1.15	0.0	0.0	1.15
3	Příprava brusky s prodlužovačkou; Úklid brusky; 1	1.06	0.0	0.0	1.06

Obr. 3.26 Menu „SOUBOR“ záložka „Nový postup“



Nově vytvořený postup lze exportovat do formátu „pdf“. Tento postup si může údržbář vytisknout a případně využít při dané údržbářské aplikaci.



Název: Elektromotory

Popis: rtzrtz

Seznam položek		
P.C.	Název	Celkový čas
1	Doprava jeábem - pídavky 1; Pídavky, U kódu E-H + 10 m; 1	0.84
2	Použití kladiva; Další úder; Hmotnost [kg]	0.4
3	Demontáž a montáž krytu svorkovnice; Demontáž; Šroubovák/po. šroub	1.27
4	Oddlit a odložit pedmt; S pomckou, Páka (kladivo); Hmotnost pedmtu	0.68
5	Broušení runí bruskou; Brousit pevýšený svar, > 1,0mm - < 1,5mm; Broušená plocha [dm^2]	0.87
6	Broušení runí bruskou; Brousit pevýšený svar, > 1,0mm - < 1,5mm; Broušená plocha [dm^2]	0.87
Celkový čas postupu		4.93

Obr. 3.27 Export postupu do pdf [3], upraveno autorem

### 3.3 Volba nejefektivnější metody pro stanovení spotřeby času na operace

Podstatou pohybových normativů je rozčlenění určitého postupu na jednotlivé pracovní činnosti operátora, které můžeme členit na:

- úsek – část operace se stejnými technickými podmínkami,
- úkon – jednoduchá, technologicky stejnorodá, organizačně nedělitelná činnost,
- pohyb – nejmenší měřitelná část výrobního postupu.
- operace – si představíme časově souvislou část výrobního postupu, která je charakterizována stejným výrobním cílem, prováděná nejčastěji jedním operátorem:
  - a) stejný předmět práce,
  - b) stejné pracoviště,
  - c) stejný pracovník.

Potřeba znát časovou náročnost prováděných operací pochází z dob, kdy se zaváděla pásová výroba. Zavádění pásové výroby znamenalo důrazné zaměření projektantů na racionalizaci jednotlivých pracovišť a pracovních metod. Základy v této oblasti pocházejí ze začátku našeho století (1921) z prací F. B. Gilbretha [16].

První uplatnění metody spotřeby času, bylo realizováno ve Fordových závodech. Rozsah studia pracovních pohybů spolu s častějším používáním filmové techniky přivedl odborníky na myšlenku vytvořit takové normovací metodiky, které by zajistily racionalizaci pracovních metod, snížily subjektivnost při provádění časové studie, zejména v odhadu výkonnostního stupně a přitom vzhledem k velké opakovatelnosti těchto studií snížily náklady na jejich realizaci.

Časovou jednotku používanou v systémech pohybových normativů je jednotka TMU (Time Measurement Units). Tato jednotka byla odvozena od rychlosti použité u filmové kamery. Tato jednotka měla a má dvojí výhodu, umožňuje snadnou identifikaci spotřeby času dle filmové studie. Jedna jednotka TMU je 0,036 sekundy, 0,0006 minuty. Pro přesné identifikování spotřeby času v údržbářských činnostech je nutné využít poznatky těchto studií.

### 3.3.1 Pohybové normativy dle analýzy pohybů

Zkratka MTM (Methods Time Measurement) lze přeložit jako metoda analýzy pohybů. Metodika MTM se začala vyvíjet v roce 1934, kdy společnost Methods Engineering Council (Pittsburg, USA) začala podrobně studovat výrobní procesy a pracovní operace.

Metoda MTM, s jejíž aplikací se každá ruční práce rozkládá do základních pohybů, které jsou k jejímu provedení nutné. Ke každému základnímu pohybu se váže předem stanovená časová hodnota, určená charakterem základního pohybu a vlivy, které na jeho provedení působí. Z důvodu důležitosti právě pracovní metody vzniká specializovaný obor studující pracovní metody – „Methods Engineering“, který podrobně rozebírá provedení pracovního procesu. K dosažení nejlepšího způsobu práce zajišťujícího její správné provedení se vyloučí každý zbytečný pohyb. Jako první se vypracuje jednotný způsob práce, určí jednotné pracovní nástroje a stanoví jednotné pracovní podmínky. Operátor je školen tak, aby dodržoval postup práce. Teprve pak se vypočte čas práce, během kterého může nasazený operátor práci provést.

V následující tabulce je uveden příklad základních pohybů MTM:

Tab. 3.1 Pohyby MTM1 [16]

<b>POHYBY RUKOU A RAMEN</b>		
ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Sáhnout	R	Reach
Uchopit	G	Grasp
Pustit	RL	Release-load
Přemístit	M	Move
Obrátit	T	Turn
Tlačit	AP	Apply pressure
Umístit	P	Position
Oddělit	D	Disengage
Točit	C	Crank

<b>POHYBY OČÍ</b>		
ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Zaostření oka	EF	Eye focus
Sledování pohledem	ET	Eye travel

Tab. 3.2 Pohyby MTM1 [16]

<b>POHYBY TĚLA A DOLNÍCH KONČETIN</b>		
ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Pohyb chodidla	FM	Foot motion
Pohyb nohy	LM	Leg motion
Úkrok	S	Side step
Otočení trupu	TB	Turn body
Předklonit se	B	Bend
Vzpřímit se	AB	Arise from bending
Ohnout se	SS	Stoop
Vzpřímit se	AS	Arise from stooping
Kleknout na jedno koleno	KOK	Kneel from stooping
Kleknout na obě kolena	KBK	Kneel from both knees
Povstat z jednoho kolena	AKOK	Arise from kneel on one knee
Povstat z obou kolen	AKBK	Arise from kneel on both knees
Sednout	SIT	Sit down
Vstát ze sedu	STD	Stand up
Chůze	W	Walk

Analýza pracovního postupu v MTM 1 vychází ze základních pohybů, potřebných k provedení zanalyzovaného pracovního postupu. Do postupu se zapisují postupně za sebou, ve sledu, v jakém se v pracovní operaci vyskytují. Jedná se o tzv. obouruční analytický formulář, do něhož se zapisují symboly pro pravou a levou ruku zvlášť.

Formulář zahrnuje:

- a) stanovení základního pohybu,
- b) klasifikace případu,
- c) klasifikace typu pohybu,
- d) stanovení vzdálenosti,
- e) vyhledání časové hodnoty z tabulky.

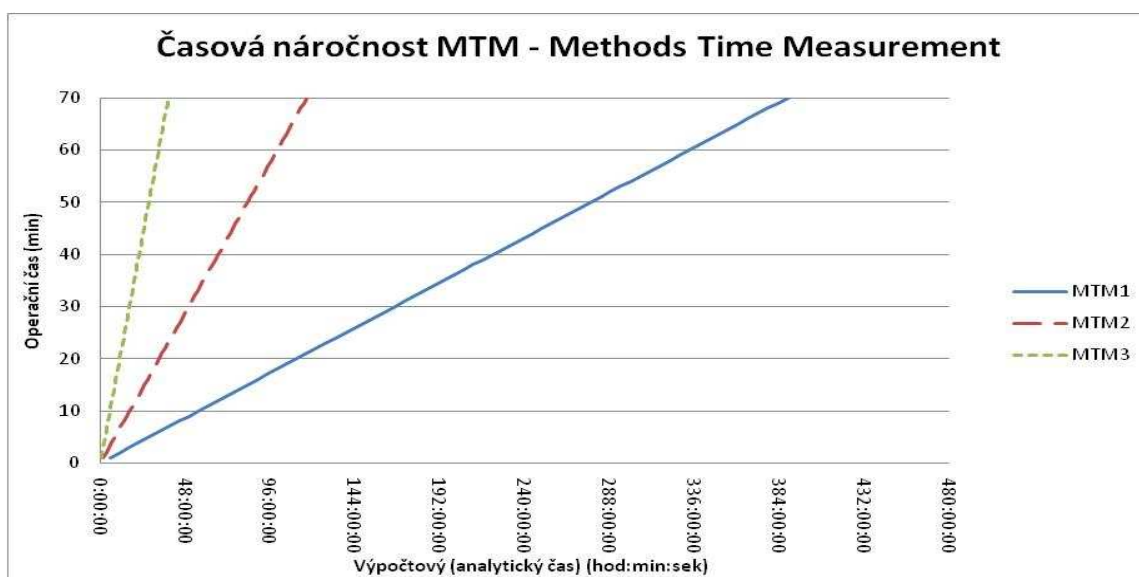
Součet časových hodnot analyzované operace odpovídá času potřebnému k jejímu provedení. Takto zjištěná doba (čas) neobsahuje žádné časové přírážky (směnové časy, přestávky, apod.).

Aplikace MTM 1 v malosériové a kusové výrobě a v obslužných procesech, manipulaci s materiálem je neproduktivní a časově náročná a složitá. Proto jako každá

metodika pohybových normativů přináší podobně jako MTM jednodušší způsob analýzy vyššího stupně MTM. MTM 2, MTM 3. Jednotky času využívané v metodice jsou TMU. U metody MTM nemusíme provádět přímé časové měření a stanovení času. Mezi zápory této metodiky patří především vysoká pracnost a také neefektivnost jejího použití v nižších typech výrob. Snahy o snížení pracnosti při stanovování pracnosti v podmínkách malosériových výrob vedly k vývoji dalších systémů. Jedná se například z pohledu disertace o systém UMS (Universal Maintenance Standards) – univerzální normy pro údržbu, USD (Unified Standard Data) – sjednocená standardní data [16].

Na následujícím grafu můžeme vidět spotřebu práce, kterou musíme vynaložit na určení skutečné spotřeby času dle jednotlivých stupňů přesnosti MTM.

Například při použití metodiky MTM 2 při délce trvání činnosti (operační čas) 60 min musíme vynaložit analyticky výpočtové práce 100 hodin. Což je sice podstatná doba, ale musíme si uvědomit, že při samotné analýze probíhá taky samotná optimalizace činnosti, případně ergonomická analýza z hlediska užití mezních podmínek pohybů. Tyto prvky optimalizace, racionalizace a ergonomie se také vyskytují v ostatních metodách určení spotřeby práce MOST, SNPP.



Obr. 3.28 Časová náročnost MTM – Methods Time Measurement

### 3.3.2 Pohybové normativy dle pohybových modelů

Zkratka MOST (Maynard Operation Sequence Technique) – znamená v překladu metoda analýzy pohybových modelů. Metodika MOST byla poprvé průmyslově

aplikována v roce 1972 ve Švédsku. Dnes distribuuje systém MOST H. B. Maynard and Company, Pittsburgh, Pensinsylvania, USA.

MOST je systém měření práce soustřeďující se na činnosti spojené s pohybem objektů, popsané ve formě definovaných pohybových modelů. Pohybovému vzoru podle konkrétní situace provedení je určena časová hodnota potřebná k její realizaci. Jednotky spotřeby času jsou stejné jako u MTM tedy TMU.

Systém BASIC MOST rozděluje činnosti do čtyř modelů posloupnosti pohybu. Při analýze práce metodou MOST se používají velká písmena a indexová čísla. Každé indexované písmeno představuje určitý druh pohybu. Metodika MOST využívá různé standardní sekvence, které je možné takto prakticky aplikovat:

Tab. 3.3 Sled činností MOST [16]

ČINNOST	MODELOVÝ SLED
Obecný pohyb	<b>A B G A B P A</b>
Řízený pohyb	<b>A B G M X I A</b>
Použití náradí	<b>A B G A B P ? A B P A</b>
Ruční jeřáb	<b>A T K F V L V P T A</b>

Jednotlivé druhy pohybů vymezují základní čtyři aktivity:

- Action distance – (horizontální) akce na určitou vzdálenost,
- Body motion – pohyb těla (zpravidla vertikálně),
- Gain control – získání kontroly nad objektem (způsob uchopení),
- Placement – umístění.

Sekvenční model obecného přemístění vypadá následovně:

$A_6 B_6 G_1 A_1 B_0 P_3 A_0$

- $A_6$  akce na určitou vzdálenost – Běž 3 – 4 kroky k místu, kde se nachází předmět,
- $B_6$  pohyb těla – Při manipulaci s předmětem se ohni a vstaň,
- $G_1$  získání kontroly – Získej kontrolu nad jedním lehkým předmětem,

- d)  $A_1$  akce na určitou vzdálenost – Přesuň předmět v zóně dosahu,
- e)  $B_0$  pohyb těla – Žádný pohyb těla,
- f)  $P_3$  umístění – Umístí předmět s nastavením,
- g)  $A_0$  akce na určitou vzdálenost – Bez návratu [16].

Aplikací metodiky MOST dosahuje normovač větší produktivity než u metody MTM. Při dodržení metodiky MTM normovač aplikuje základní ergonomické a racionalizační principy analýzy operace, a tím snižuje čas potřebný na její provedení. Metodika MOST je v současné době využívána pro stanovení norem času zejména v následujících odvětvích : (údržbářské činnosti, automobilový průmysl, elektrotechnický průmysl, kancelářské práce).

Metodika MOST jako veškeré jiné metodiky spotřeby práce využívá rozdělení do tří kategorií pracnosti analýzy: Mini MOST, Basic MOST a Maxi MOST.

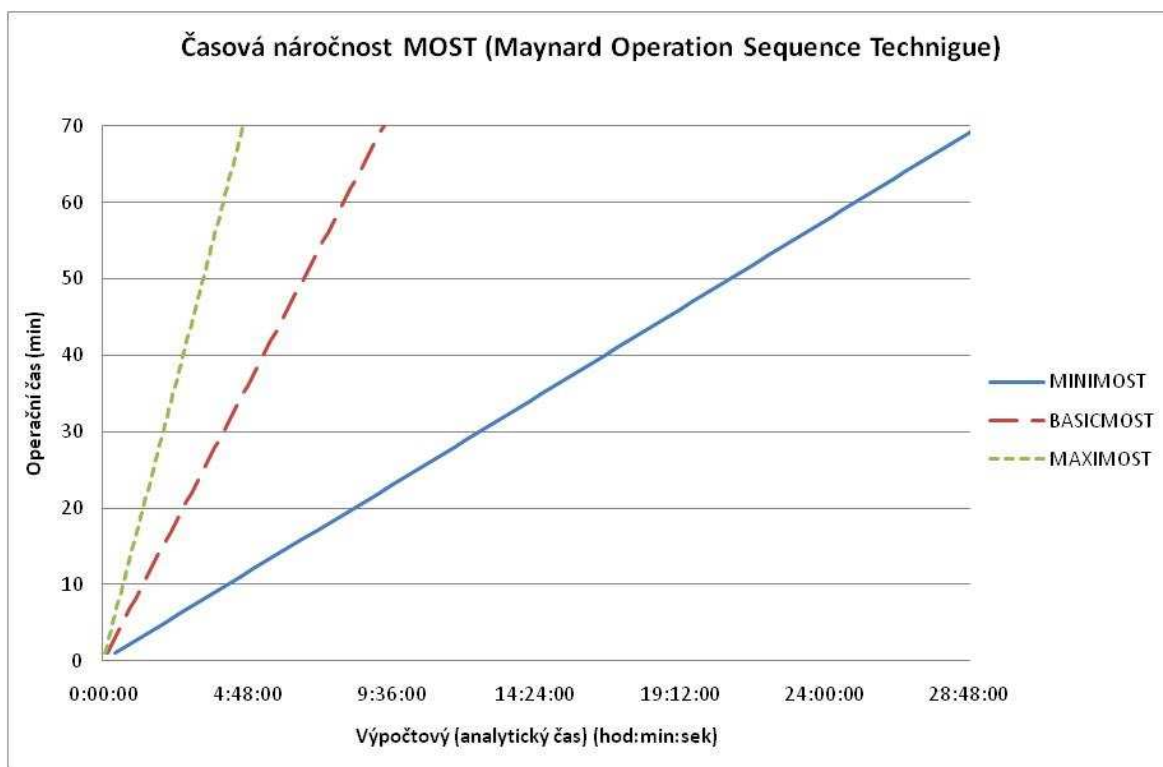
Basic MOST je aplikován pro analýzu operací s opakovatelností 30 – 300 kusů za směnu. Mini MOST slouží pro analýzu operací s opakovatelností více než 300 kusů za směnu. Operační časy jsou u takových operací měřeny v sekundách.

Maxi MOST se využívá pro měření práce u aktivit, jejichž opakovatelnost nedosahuje 30 kusů za směnu. Jejich cyklové časy jsou v desítkách minut.

Na následujícím grafu můžeme vidět spotřebu práce, kterou musíme vynaložit na určení skutečné spotřeby času dle jednotlivých stupňů užití MOST.

Na grafu lze vidět daleko vyšší produktivita analytické práce než u metody MTM.

Například při použití metodiky BASICMOST při délce trvání činnosti (operační čas) 60 min musíme vynaložit analytický výpočtový čas 8 hodin.



Obr. 3.29 Časová náročnost MOST (Maynard Operation Sequence Technigue)

### 3.3.3 Pohybové normativy dle soustav normativů

Metodika SNPP – soustava normativů projektování práce vychází z metody MTM. Jednotkou času je JNP – jednotka normativu práce. Jedna JNP má délku 0,06 sekundy, 0,001 minuty [18].

SNPP je metodickým nástrojem analýzy, projektování a racionalizace pracovišť, včetně určování pracností operací. Podobně jako MTM a MOST se také SNPP dělní na tři úrovně pracnosti analýzy NPP 1 – 3, přičemž analýza NPP1 je nejpřesnější.

Základní normativy projektování práce — NPP 1 jsou výchozí základnou SNPP. Software **NORMATIVY 2011** jsou tvořeny základním souborem pohybových a smyslových prvků, normativních časových údajů o době jejich trvání a metodických pravidel pro jejich aplikaci v praxi [18].

NPP 1 slouží především při tvorbě odvozených normativů vyšších stupňů, resp. normativů se specifickým použitím. Normativy jsou využity k racionalizaci a projektování pracovních procesů s velmi vysokou opakovatelností.

Základní stupeň SNPP obsahuje celkem osm hlavních pohybových prvků, čtyři prvky smyslové a další doplňující činnosti, které nejsou koncipovány jako samostatné prvky (asistence těla, oddělovací pohyby, točivé pohyby a statická síla).



V NPP 1 se člení pracovní pohyby horních končetin do pěti hlavních pohybových prvků: SÁHNOUT — UCHOPIT — PŘEMÍSTIT — NASADIT — ODLOŽIT.

Další pohybové prvky NPP 1 patří do skupiny pohybových prvků dolní končetiny a těla: POHYB DOLNÍ KONČETINY — POHYB TELA — KROK.

Relativně samostatnou skupinu NPP 1 tvoří smyslové prvky: ZRAK PŘENÉST — ZRAKEM ROZLIŠIT — ZRAKEM SLEDOVAT — SLUCHEM ROZLIŠIT [18].

Metodika SNPP – NPP 1 je velmi přesná. Při její implementaci lze řada činností zefektivnit, již samotným rozbořem.

Pro detailnost jednotlivý pohybů je zde ve zkratce pro názornost ilustrován jeden hlavní prvek sáhnout:

Definice – Sáhnout je pohyb nezatížené ruky nebo její části po pohybové dráze k nějakému místu nebo předmětu.

Charakteristika – Sáhnutím překonává ruka, respektive její část (prsty), vzdálenost dělící ji od místa nebo předmětu, kam směřuje. Jde zejména o tyto činnosti:

- a) dosažení předmětu, jenž má být následně uchopen,
- b) dosažení jiné polohy ruky nebo její části,
- c) připravení následujícího pohybu,
- d) dosažení či udržení tělesné rovnováhy,
- e) stažení ruky mimo pracovní zónu [18].

Ovlivňující činitelé:

- a) délka dráhy pohybu,
- b) řízení pohybu.

Délka dráhy pohybu:

Délkou dráhy pohybu se v SNPP rozumí nejkratší vzdálenost mezi výchozím a konečným postavením měrných bodů.

Měrné body jsou v SNPP stanoveny takto: Pro pohyb prstu — vrchol dotykové části prstu. Pro pohyb ruky a paže — vrchol dotykové části prostředního prstu. Pro rotační pohyb ruky a předloktí — vrchol dotykové části palce [18].

## **Řízení pohybu**

Prvek S je z hlediska kontroly nutné pro řízení pohybu členěn na tři třídy, označené písmeny A, B, C. [18].

### **Třída A — Automatické sáhnutí**

Jako „automatické“ se hodnotí sáhnutí do zacvičené, přípravné či výchozí polohy, ke druhé ruce, respektive k předmětu v zacvičené poloze či ve druhé ruce.

Charakteristický znak třídy A je nízký stupeň zrakové kontroly a vysoká jistota provedení. [18].

Prvek S — třída A lze spolehlivě provádět, aniž místo nebo předmět, kam ruka směřuje, musí být předem nebo současně vyhledáno zrakem. Takové sáhnutí možno uskutečnit třeba i „se zavřenýma očima“.

### **Specifikace třídy A**

Zacvičená poloha. Při ní místo nebo předmět, k němuž prvek S, třída A směřuje, je ve vědomí pracovníka trvale zafixováno, neboť se v průběhu práce nikdy nemění. Předmět je vždy na stejném místě [18].

Výchozí, respektive přípravná poloha je místo, kde se ruka na určitou dobu zastaví a čeká na další činnost. Protože pohyb do této polohy nevyžaduje prakticky žádnou pohybovou koordinaci ani zrakovou součinnost, odpovídá třídě A.

#### **Metodická pravidla použití prvku SÁHNOUT**

##### **Pravidlo mimořádných dosahů**

Doba trvání prvku, jehož délka dráhy převyšuje 80 cm, se stanoví tak, že k časové hodnotě pro 80 cm příslušné třídy prvku se připočte konstantní časová hodnota 2 JNP za každých započatých 20 cm nad hranici 80 cm [18]!

##### **Pravidlo následné koordinace**

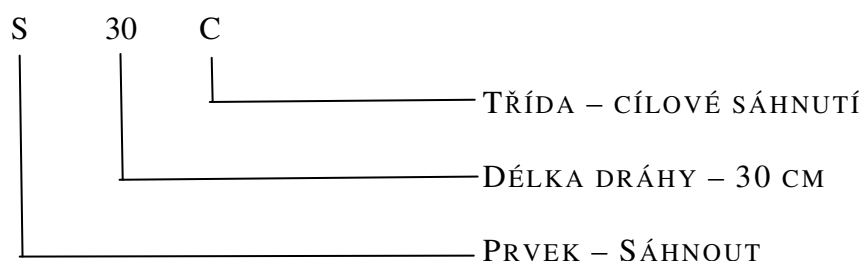
Následuje – li prvek S po prvku Nasadit — stupeň 4, je prvek S hodnocen třídou C.

Podmínkou je, že:

prvek Sáhnout následuje bezprostředně a bez časové přestávky po prvku Nasadit — stupeň 4, bez ohledu, zda je či není mezi nimi zařazen prvek Odložit.

Tento sled prvků (Nasadit — Odložit — Sáhnout) koná tatáž ruka nebo její část.

#### **Příklad záznamu prvku S**



### Pravidlo ruky jako nástroje

Jestliže je ruka (prsty) v určitém případě použita ve funkci „nástroje“, pak pro v klasifikaci takových pohybů je rozhodující, zda přitom ovládá nějaký předmět. Neovládá – li žádný předmět, jde o prvek Sáhnout. V případě, že ovládá předmět, klasifikuje se jako prvek Přemístit. Bližší vysvětlení je uvedeno v metodickém pravidle. 6 prvku P [18].

Tab. 3.4 Hodnoty prvku sáhnout [18]

S - SÁHNOUT			P - PŘEMÍSTIT			
A	B	C	Vzdál, v cm a stupních	A	B	C
2,0	2,5	3,0	≤ 2	2,2	2,7	3,3
2,9	3,6	4,5	≤ 5	3,2	3,9	4,9
4,0	5,1	6,2	≤ 10	4,4	5,6	6,8
4,7	6,1	7,9	≤ 15	5,1	6,6	8,6
5,1	6,6	8,8	≤ 20	5,7	7,3	10,0
5,5	7,2	9,4	≤ 25	6,1	7,9	10,6
5,9	7,7	10,0	≤ 30	6,5	8,4	11,1
6,7	8,7	11,1	≤ 40	7,3	9,6	12,1
7,5	9,8	12,2	≤ 50	8,1	10,7	13,2
8,9	11,8	14,1	≤ 60	9,5	12,5	15,2
10,1	13,5	15,8	≤ 70	10,8	14,2	16,8
11,6	15,7	18,2	≤ 80	12,3	16,6	18,7
2,2	2,8	3,5	≤ 45°	2,4	3,1	3,9
3,3	4,3	5,4	≤ 90°	3,7	4,8	6,0
4,6	3,9	7,4	≤ 135°	5,1	6,6	8,2
5,0	6,6	8,2	≤ 180°	5,6	7,3	9,1
1,0	S1P		P1P		1,0	
1,6	S3P		P3P		1,7	
2,6	S6P		P6P		2,9	

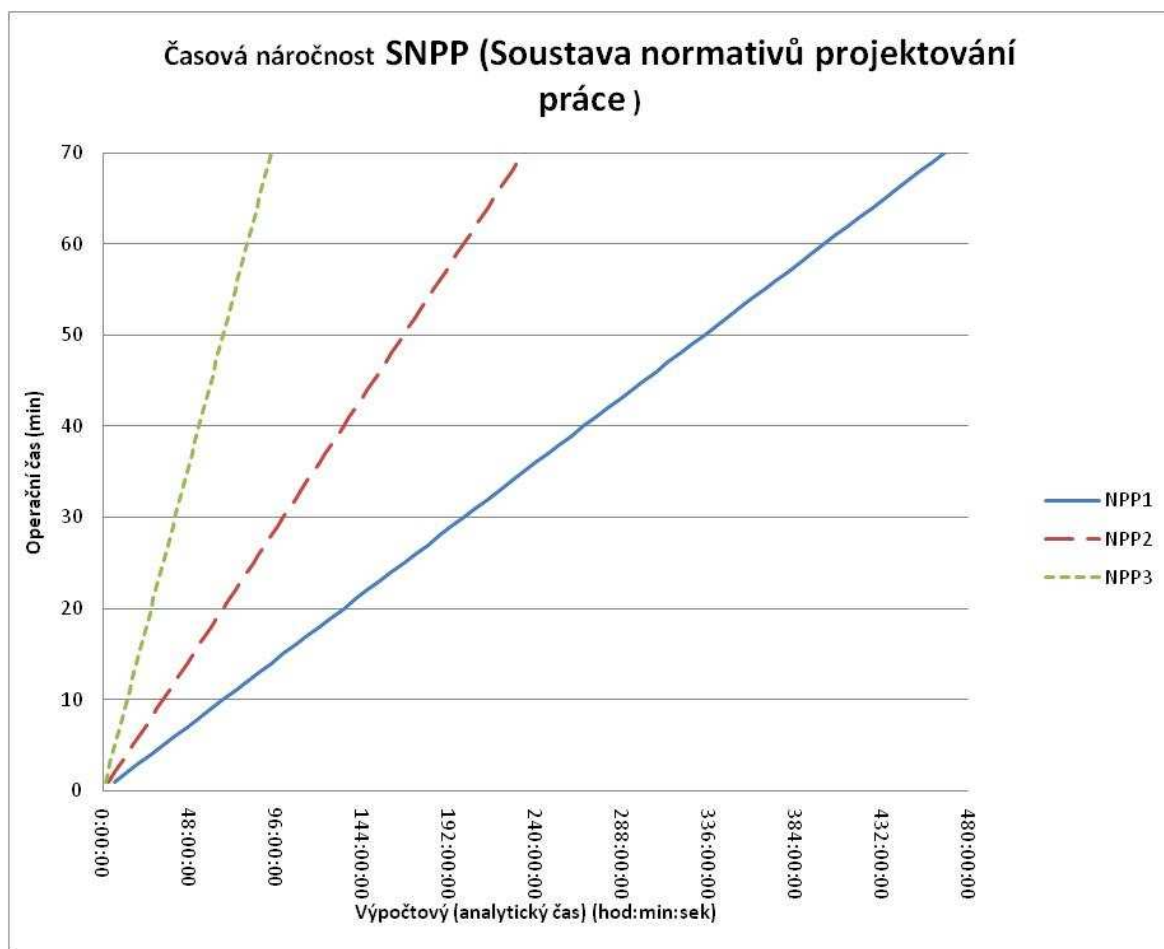
Tab. 3.5 Specifikace koeficientu zatížení [18].

<i>Tabulka hmotností, odporu</i>			
	Koeficient muž	m v kilogramech ≤.	koeficient žena
	1,00	0,2	1,00
	1,10	0,5	1,20
	1,15	1,0	1,30
	1,20	2,0	1,40
	1,40	4,0	1,50
<b>1</b>	1,45	6,0	1,50
<b>2</b>	1,45	8,0	1,55
	1,50	10,0	1,60
	1,60	15,0	1,85
	1,70	20,0	/
	2,00	30,0	/
	2,40	40,0	/
	2,80	50,0	/

Na následujícím obrázku můžeme vidět spotřebu práce, kterou musíme vynaložit na určení skutečné spotřeby času dle jednotlivých stupňů užití SNPP.

Metoda SNPP v porovnání s metodami MTM a MOST je daleko pracnější, ale také dosahuje největší přesnosti určení spotřeby práce vzhledem k upřesnění detailů pohybů.

Například při použití metodiky NPP2 při délce trvání činnosti (operační čas) 60 min musíme vynaložit analyticky výpočtové práce 200 hodin.



Obr. 3.30 Časová náročnost SNPP (Soustava normativů projektování práce)

### 3.3.4 Volba metodiky pro pohybové normativy

V této kapitole byly popsány tři nejpoužívanější metody pro pohybové normativy MTM, MOST, SNPP. Databázový systém „Normativy 2011“ je uzpůsoben tak, aby bylo možno použít všechny uvedené metody jako zdrojová data pracnosti. Metoda MTM se v současné době užívá méně častěji. Metoda MOST vychází z MTM a je hojně využívána. Z hlediska analýzy jsem se proto detailněji zabýval přesností jednotlivých metodik MOST a SNPP. Metodika MOST vychází ze základního principu využívání standardních sekvenčních modelů činnosti, proto by byla v prvotní fázi rychlejší než SNPP. Metodika MOST na rozdíl od SNPP nezahrnuje tak přesně důležité ovlivňující faktory jako jsou:

- odpory vyskytující se v daném prostředí,
- opakovatelnost akce (zacvičené polohy),
- ergonomické a hygienické omezení (muž, žena, velikost a váha předmětu).

V podkapitole „4.2.2 Vyhodnocení průzkumu a volba řešení“ je zmíněna předchozí verze normativů, kterou zpracovával doc. Ing. Josef Novák, CSc., která využívá pohybových normativů dle SNPP (Soustava normativů projektování práce). Jak již bylo zmíněno tato metoda je z uvedených nejpracnější, ale dosahuje největší přesnosti. Software NORMATIVY 2011 umí skládat jednotlivé již vytvořené postupy (operační časy), což výrazně zvyšuje produktivitu. Software NORMATIVY 2011 se z hlediska funkčnosti od předchozí verze liší zejména novým uživatelským prostředím, které umožňuje na uživatelské úrovni tvorbu a editaci dat (postupů). Proto veškerá data, která byla vytvořena v předchozí verzi normativů budou převzata a upravena tak, aby bylo možno s těmito daty pracovat ještě efektivněji.

Software Normativy 2011 umožňuje sestavovat a tvořit nová data a postupy ze všech pohybových normativů uvedených v této práci (MTM, SNPP, MOST).

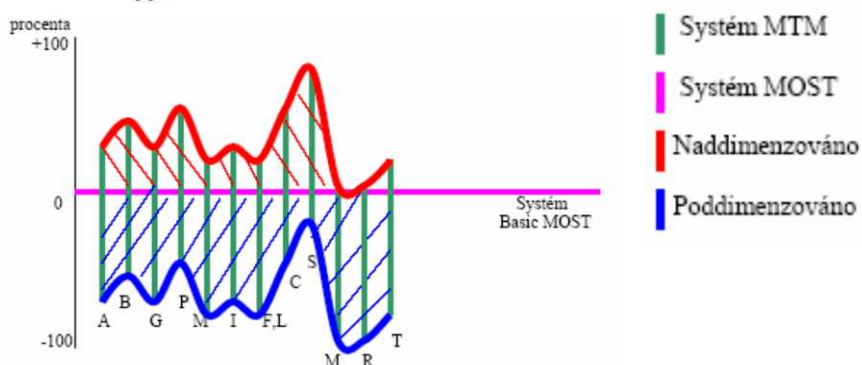
Po odborné analýze, konzultacích s doc. Ing. Josefem Novákem, CSc. bylo doporučeno, aby byly dále využívány základní pohybové normativy dle SNPP, které disponují daleko větší přesností vzhledem k upřesnění pohybů. Přesnosti jednotlivých metod určení spotřeby práce (MTM, MOST, SNPP) zejména závisí na analytikovi, který tyto výpočty provádí. Pokud by jsme zpracovali jeden postup činnosti dle jednotlivých normativů objektivně, mohli bychom následně porovnávat přesnost. Bohužel metoda MTM poskytuje velkou variabilitu možností činností a tím může vznikat rozpětí k porovnávání.

Na následujícím grafu můžeme vidět porovnání metody MTM a MOST. Z grafu je patrná časová variabilita daného procesu.

#### CELKOVÉ srovnání MTM A MOST

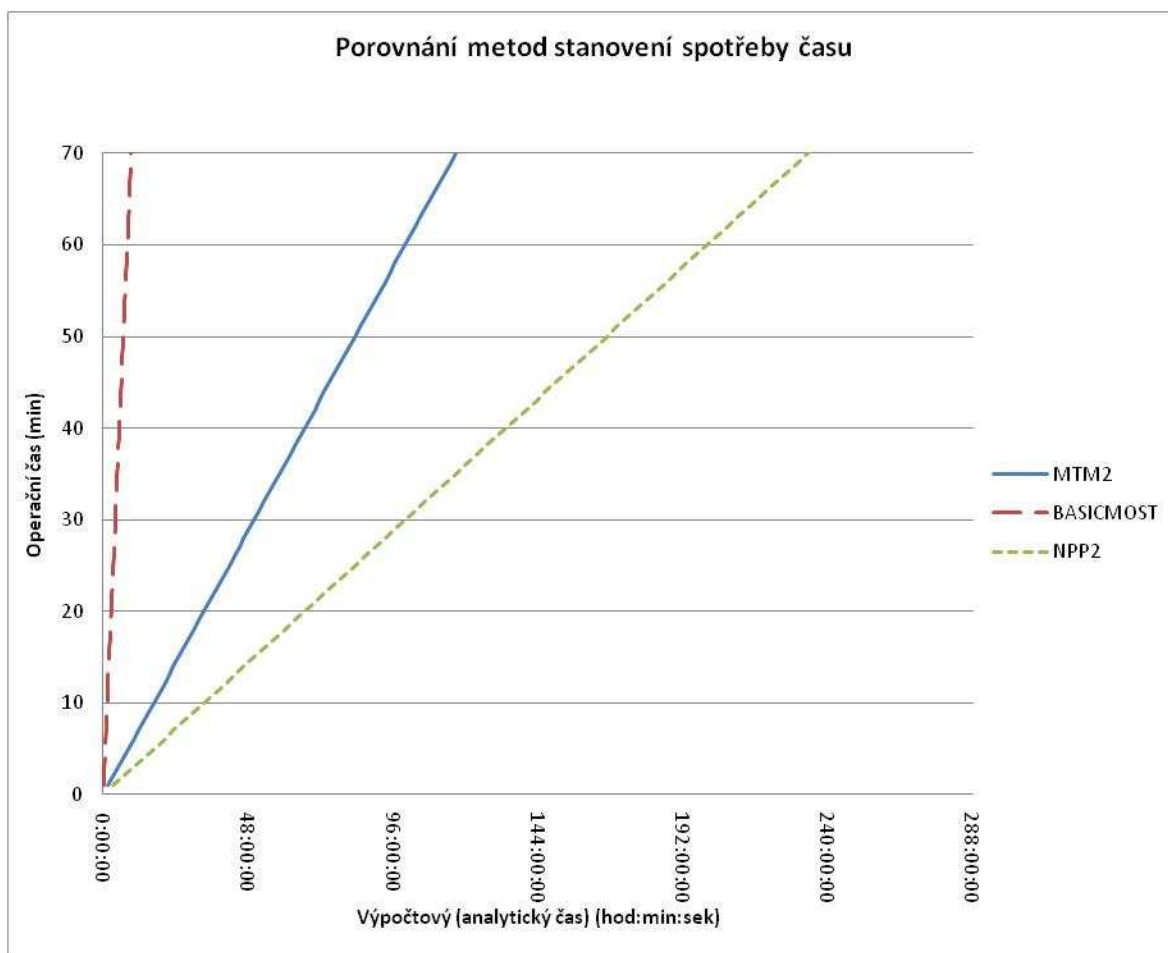
**Systém Basic MOST je z 33 % předdimenzován a z 67 % poddimenzován systémem MTM-1 .**

**Grafické vyjádření:**



Obr. 3.31 Porovnání metod MTM a MOST [16]

V současné době je pro rozhodnutí volby vhodných pohybových normativů důležitá zejména udržitelnost a aktualizace těchto pohybových normativů. Nejrozšířenější a stále aktualizovaný systém pohybových normativů je systém dle metody MOST (Maynard Operation Sequence Technigue). Proto normativy 2011 budou tvořeny zejména pomocí metody MOST. Data, která byla vytvořena z předchozích verzí normativů budou převzata. V následujících grafech je patrné, že metoda MOST je z uvedených metod nejrychlejší, tedy nejproduktivnější.



Obr. 3.32 Porovnání metod stanovení spotřeby času pro střední úroveň

V závěrečném srovnání všech metod z hlediska produktivity zjišťování skutečné spotřeby času můžeme jednoznačně identifikovat metody a jejich stupně.

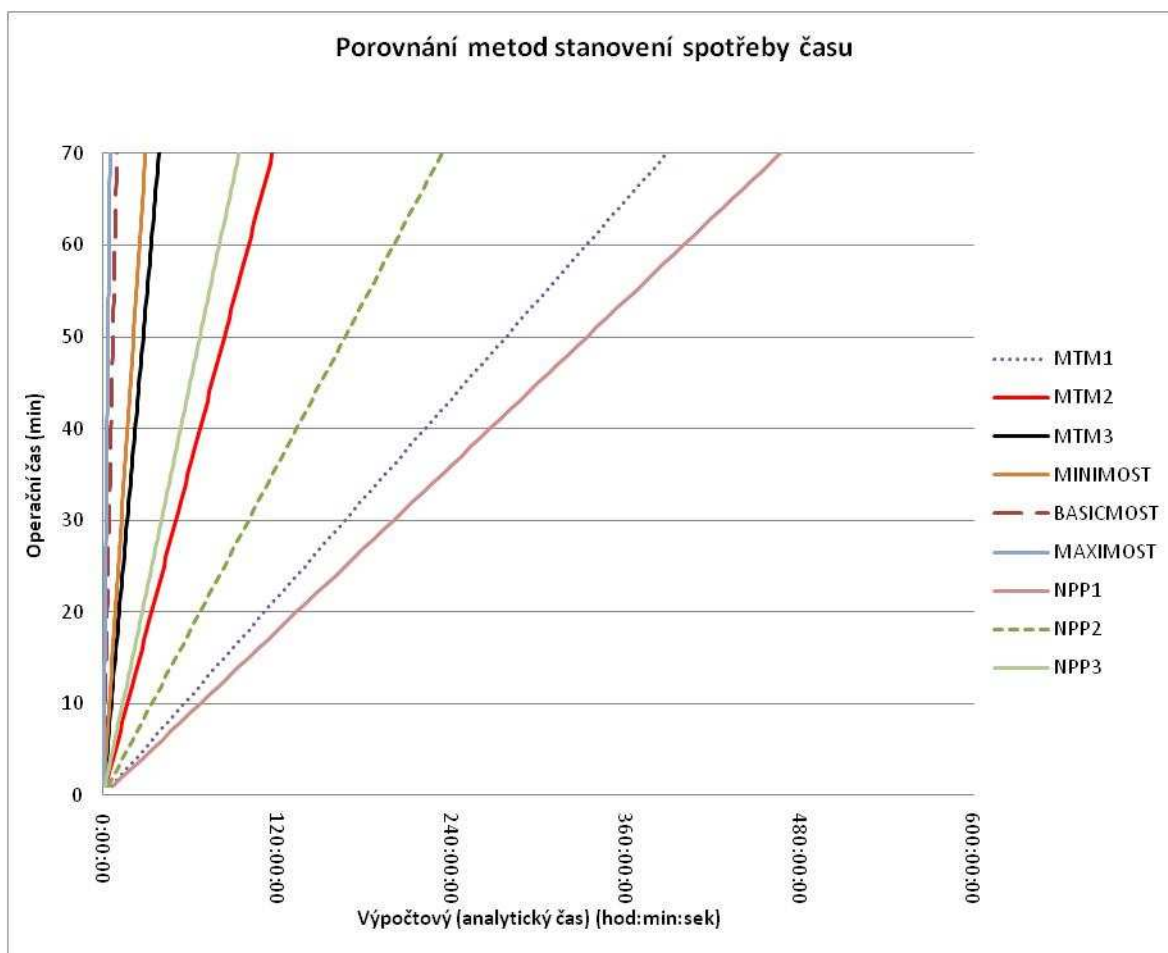
Přičemž pořadí od nejproduktivnějších je následující.

- a) MAXIMOST,
- b) BASICMOST,
- c) MINIMOST,

- d) MTM3,
- e) NPP3,
- f) MTM2,
- g) NPP2,
- h) MTM1,
- i) NPP1.

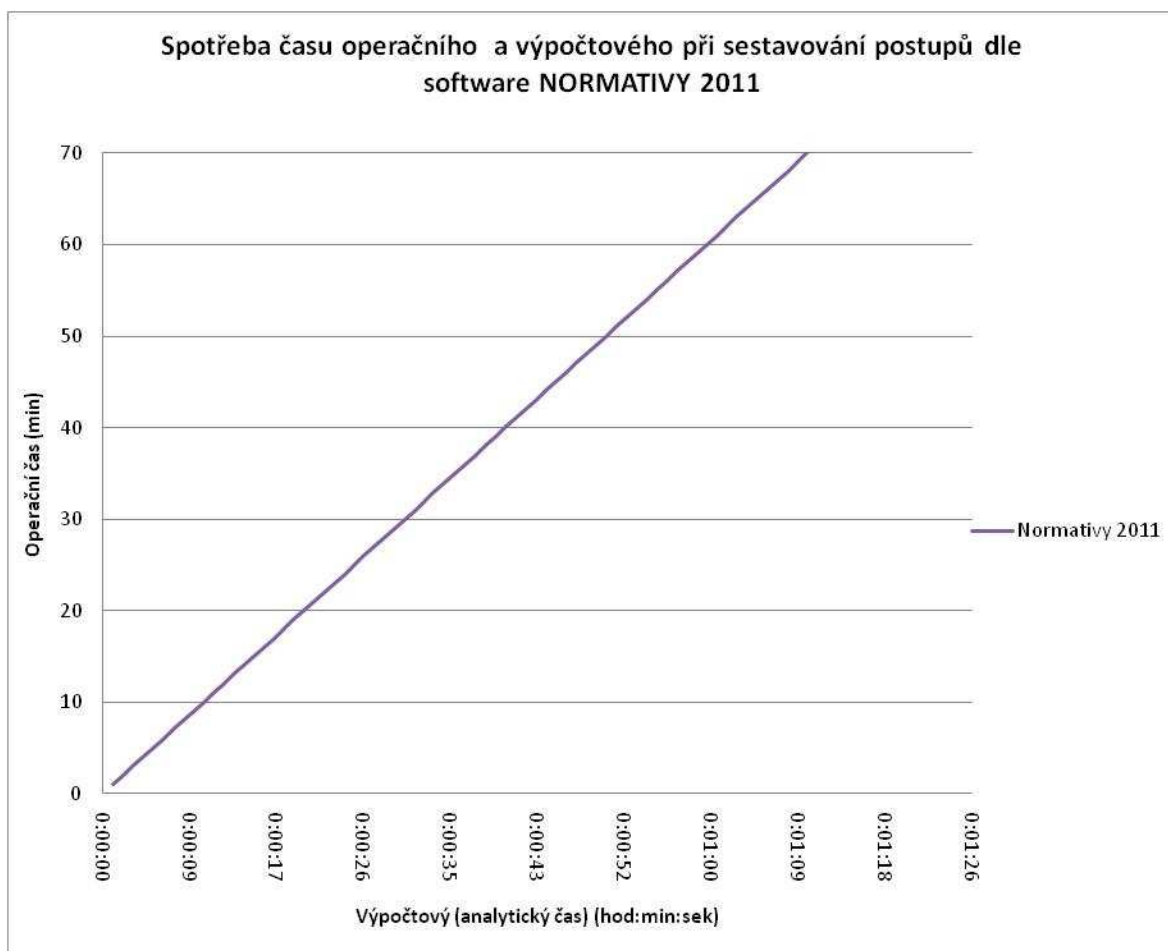
Toto porovnání je provedeno z hlediska rychlosti analytické práce, kvalitu práce jak již bylo podotknuto nelze objektivně posoudit. V současné době již existuje software, který využívá metodiku MOST. Tento software distribuuje společnost H. B. Maynard and Company, Pittsburgh, Pensinsylvania, USA. Tento software má elektronickou databázi, z které je možné rychle vytvářet základní pohybové sekvence včetně jejich časové náročnosti. Software normativy 2011 sdružuje pohybové prvky na vyšší úrovni a to umožňuje rychlejší sestavování postupů. V praktickém příkladě v podkapitole 4.6 je sestaven inspekční, čistící a mazací plán pro operátora. Z databáze normativů 2011 jsem použil normativ pro čištění, jednotlivé činnosti jsem vložil do výpočtového listu. V tomto případě se analytický výpočtový čas rovnal operačnímu času. Při takto stavebnicovém sestavování postupů se dosahuje vysoké produktivity. Jestliže využijeme již sestavené normativy šroubování, zámečnické práce, atd. budeme dosahovat zdaleka vyšší produktivity než v metodě MOST za vysoké přesnosti.



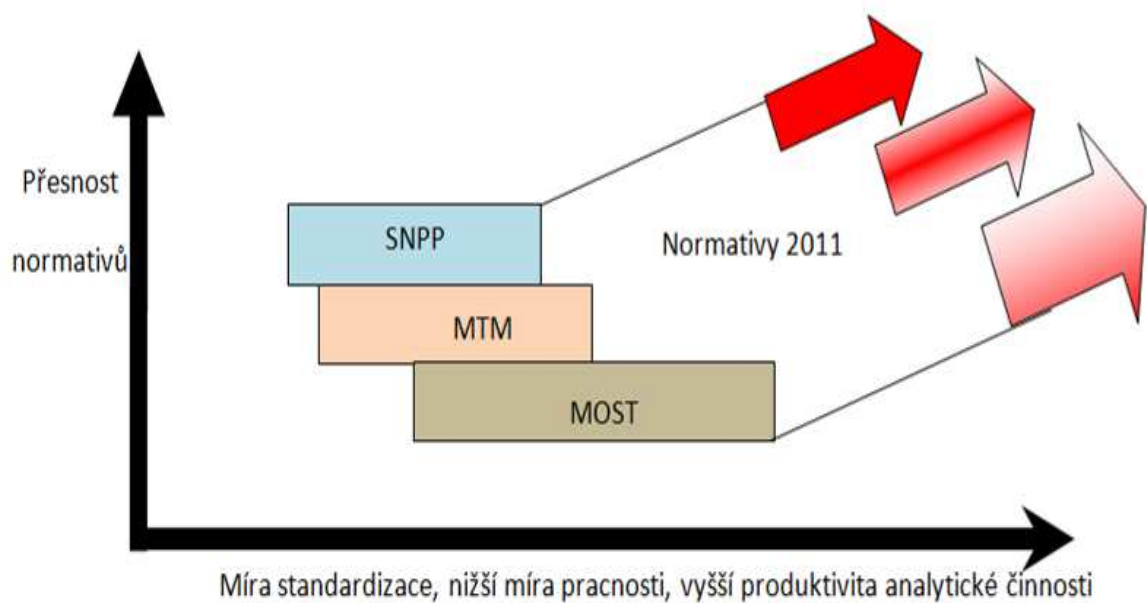


Obr. 3.33 Porovnání metod stanovení spotřeby času pro druhou úroveň

V Normativech 2011 jsou již připravené inspekční a údržbářské postupy přímo na strojních celcích, elektromotorech, převodovkách a dalších zařízeních. Na následujícím grafu můžeme porovnat produktivitu sestavování postupů, která je v tomto případě 4x vyšší než u metody MOST. V ostatních předpřipravených postupech tato produktivita analytické práce je ještě samozřejmě větší.



Obr. 3.34 Spotřeba času při využití software NORMATIVY 2011



Obr. 3.35 Celkové srovnání metod pohybových normativů

V uvedeném srovnání vidíme porovnání jednotlivých metod stanovení spotřeby času. Ve spodní části se nachází metoda Most, která vychází z již předpřipravených pohybových

sekvencí, čili má nejvyšší míru standardizace. Z hlediska porovnání míry přesnosti, jak již bylo zmíněno, nelze objektivně vyhodnotit. Proto je uvedené schéma pouze orientační a má za cíl podat ucelený pohled na přínosy disertace. Stanovením spotřeby práce času dle softwarové podpory Normativy 2011 umožňuje skladbu vytvořených činností z jakýchkoli uvedených metod do sdružených celků, které vytvářejí standardizované údržbářské postupy. Tímto systémem je možné dosahovat daleko větší produktivity, nižší míry pracnosti, než u uvedených metod SNPP, MOST a MTM. Míra sdružení celků není omezena, z hlediska tvorby databáze v software Normativy 2011 platí jasné pravidlo, čím více budeme mít stavebnicově vytvořených objektivních postupů, tím bude možné rychleji a přesněji implementovat tento systém do výrobních podniků.

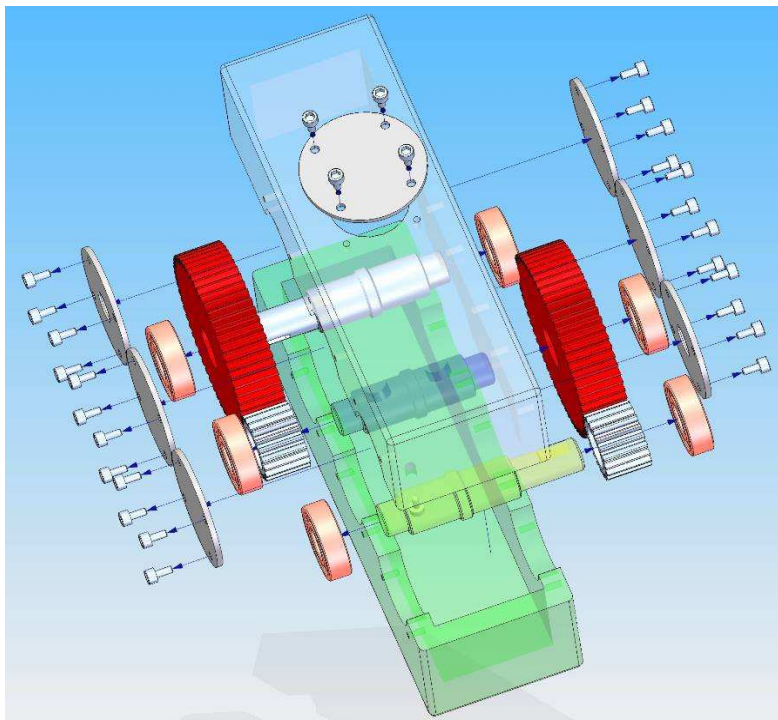
### **3.4 Vytvoření výchozího 3D grafického standardu**

Software NORMATIVY 2011 umožňuje vkládat výkresovou dokumentaci k normativům a postupům. V současné době je na trhu řada grafických technických 3D programů ve zkratce řečeno CAD – tedy návrh výrobku, které běžně simulují různé soustavy prvků včetně jejich časové animace. Pro účely disertace byl využit grafický systém SoldigeV20 ve kterém byla názorně zanimována převodovka.

V podmínkách současné technické praxe je někdy obtížné dohledat výkresovou dokumentaci k danému zařízení, na kterém má být proveden rozbor pro účely aplikace metodiky TPM. U starších zařízení je tato hypotéza pravidlem. U nových zařízení je již standardem a ke každému novému zařízení je přiložena elektronická 3D dokumentace.

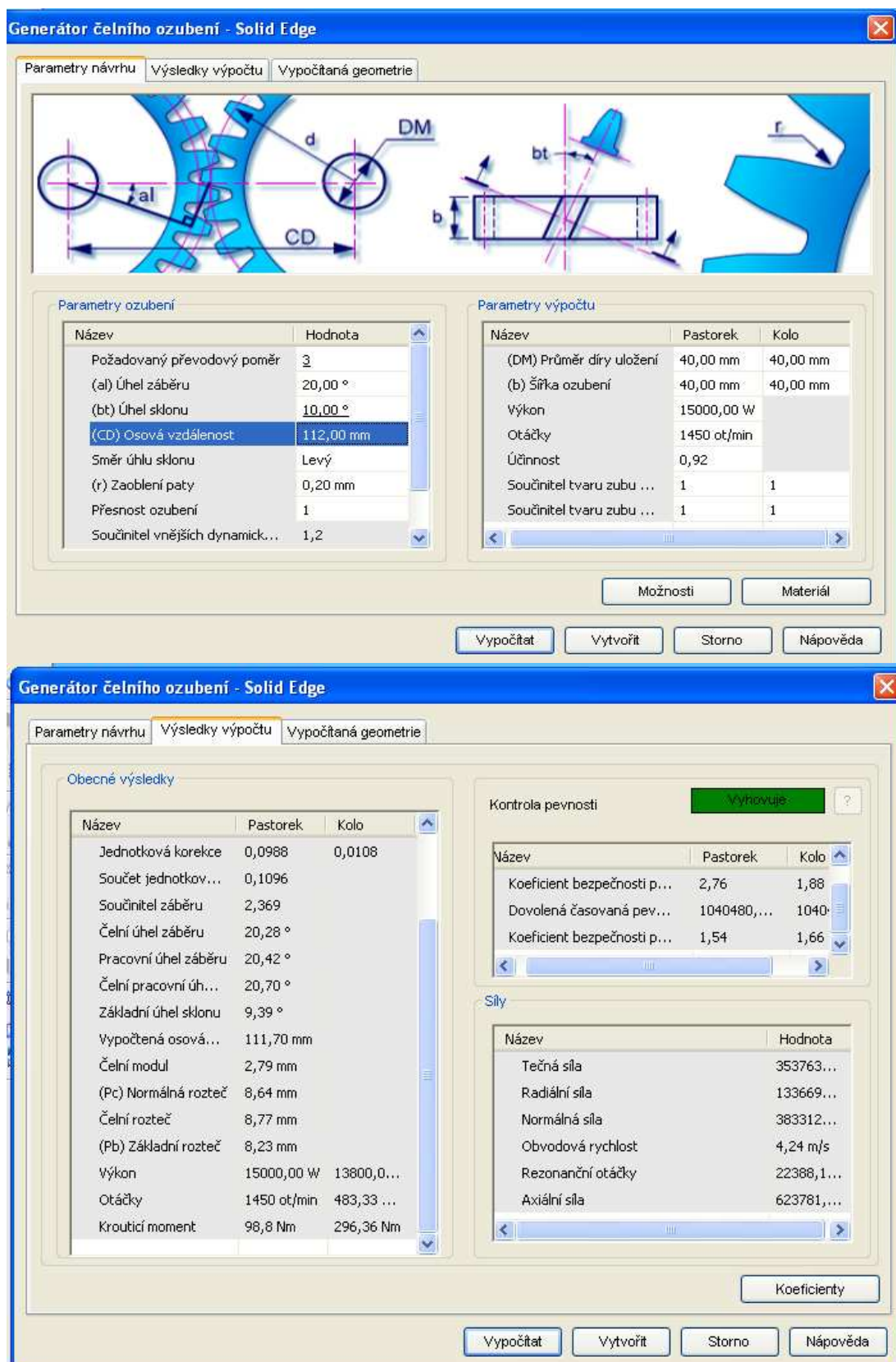
Z hlediska metodiky TPM se jako první zaměřujeme na zařízení, která jsou identifikována jako úzká místa. Proto pro lepší identifikaci klíčových zařízení je možné dokumentaci rozšířit o další 3D dokumentaci sestav a jejich grafických rozpadů včetně animace složení a rozložení sestav. Tento postup lépe umožní identifikovat jednotlivé elementy sestav a tím umožní rychlejší údržbářské a opravárenské činnosti.

Pro účely disertace byl vybrán klíčový standardizovaný prvek převodovka, který byl následně rozpracován.



Obr. 3.36 Převodovka rozbor TPM

V rámci různých modulů kreslících programů je možné využít matematických algoritmů pro automatické generování sestav předdefinovaných standardizovaných celků. Typickým příkladem jsou převodovky, pneumatické prvky atd. Na obrázku je znázorněn generátor ozubení, který lze využít při identifikaci převodů a následného zpracování do tělesa převodovky.

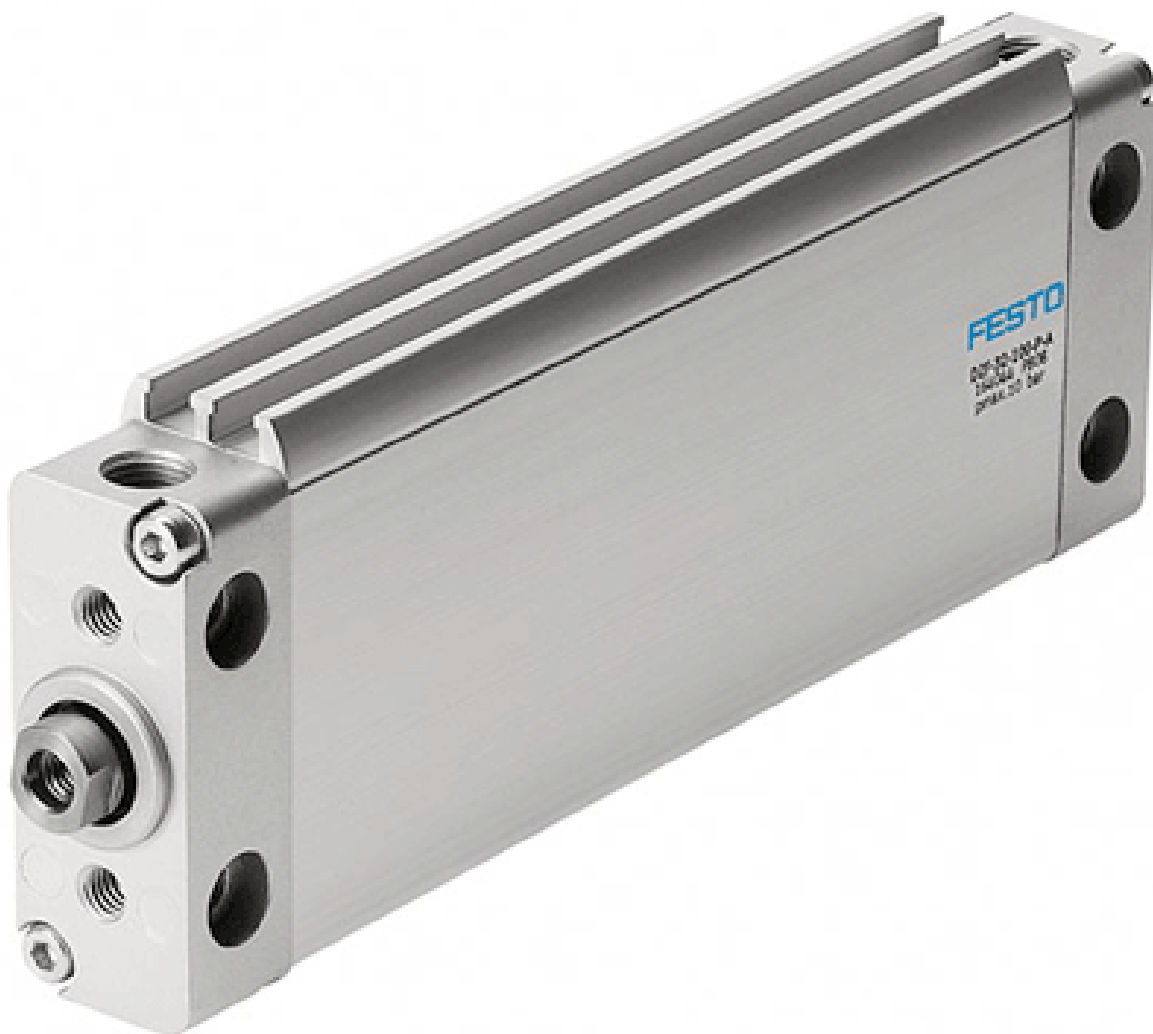


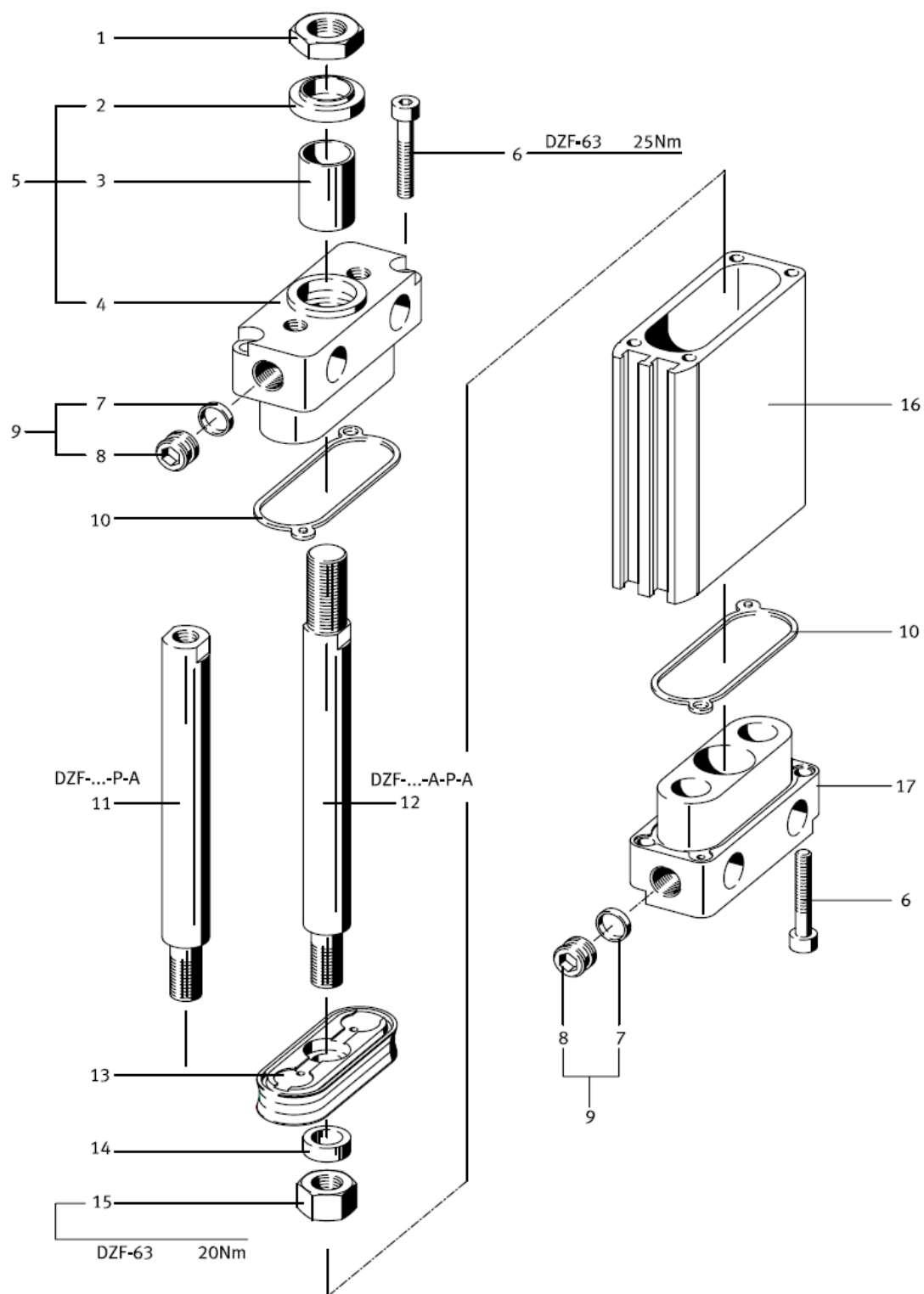
Obr. 3.37 Rozbor TPM generátor ozubení

Pneumatické pohony jsou dnes velmi využívanou technologií při montážních činnostech v kusové a velkosériové výrobě. Zejména v automobilovém průmyslu, kde se preferuje buňková výroba. Ukázka rozboru pneumatického válce slouží jako jeden z ilustračních podkladů pro software NORMATIVY 2011.

Rozbor pneumatického válce DZF:

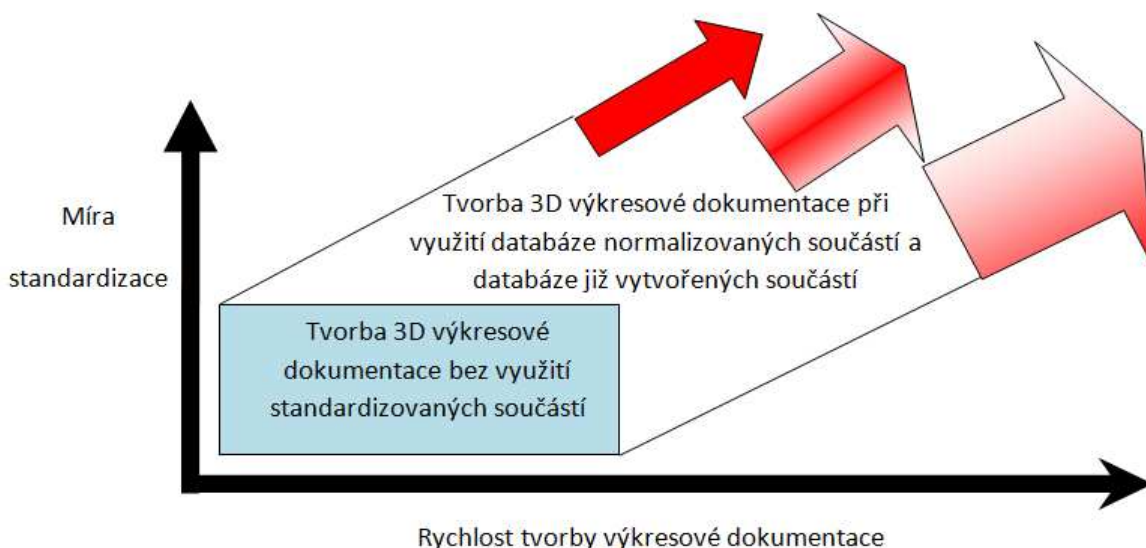
Pneumatický válec:





Obr. 3.38 Sestava pneumatického válce





Obr. 3.39 Efektivita tvorby výkresové dokumentace

Většina výrobních zařízení a zejména pracoviště výrobních buněk v oblasti automobilového průmyslu je tvořena standardizovanými součástmi. Mezi standardizované součásti nejčastěji patří konstrukce z hliníkových profilů, šrouby, ložiska, pneumatické a elektrické pohony, elektromotory, dopravníky, podavače, upínače, rozvody vzduchu, rozvody elektřiny a signálu, snímače atd. Proto tvorba výkresové dokumentace formou stavebnicového skládání nejen pro účely údržbářských zásahů je velmi rychlá. Pomocí výkresové dokumentace si údržbář, nebo operátor může podrobněji promyslet úkony, případně může lépe zhodnotit stav a možnosti opotřebení. Dále výkresová dokumentace spolu s identifikací jednotlivých součástí umožňuje také dodávat dostatečné podklady pro objednání identických dílů, případně i podobné náhrady.

V příloze jsou uvedeny podrobnější příklady výkresové dokumentace ve fyzické i elektronické verzi. Tyto příklady obsahují dále sestavy včetně animace.

### 3.5 Příklad aplikace software **NORMATIVY** – ekonomické výsledky

Ověření metodiky TPM a software **NORMATIVY**, proběhlo při realizaci projektu „FI – IM/168 Výzkum a vývoj komplexního diagnostického servisu a jeho integrace do řízení“. Jako jeden z výstupů projektu, byl realizován příklad soustrojí převodovky a elektromotoru z následujícími závěry:

V minulosti se péče o uvedené soustrojí prováděla v rámci plánovaných oprav bez ohledu na diagnostiku a tím i skutečný stav jednotlivých součástí soustrojí.

#### a) **Plánované opravy soustrojí obsahovaly:**



Výměny dílů dle plánů v určitých intervalech, mnohdy bez ohledu na opotřebení:

Příklady různých nákladů při výměně dílů.

- elektromotor – tisícové položky,
- převodovka – tisícové až desetitisícové položky,
- cena práce – až 100 tisíc Kč,
- celková hodnota opravy – nad 100 tisíc Kč.

**b) Generální opravy nebo výměny jednotlivých celků soustrojí za nové:**

Generální oprava musela být provedena obvykle po havárii nebo nedostatečné funkčnosti po dlouhodobém provozování bez proaktivního přístupu dle metodiky TPM.

Příklady různých nákladů při výměně dílů:

- elektromotor – cca 100 tisíc Kč,
- převodovka – 3 mil. Kč a více (dle velikosti),
- ztráta produkce (dle doby, kdy je zařízení mimo provoz),
- celková hodnota opravy – více než 3 miliony Kč.

**c) Celkové náklady vynaložené na údržbu uvedeného soustrojí tak jak byly registrovány v minulosti dle skutečně naběhlých nákladů:**

$$9 \times 100\,000 = 900\,000 \text{ Kč Soustrojí}$$

$$3\,000\,000 \text{ Kč Generální oprava}$$

**Celkem: 3 900 000 Kč**

**d) Předpokládané náklady po zavedení metodiky TPM:**

Přechod od plánovaných oprav nebo oprav po poruše k metodice TPM

- provedení měření – okolo 10 000 Kč (dle počtu, četnosti měření a vzdálenosti podniku od dodavatele),

Pro dané soustrojí je možno předpokládat náklady:

- 100 000 Kč za 1. rok měření,
- 60 000 Kč za 2. rok měření,
- 30 000 Kč za 3. rok měření a každý další.

Celková hodnota měření za 10 let okolo 400 000 Kč

- výměna ložisek – tisícové až desetitisícové položky,

- výměna těsnění, šroubů, oleje a dalších drobných položek – tisícové položky (složené z více zanedbatelných položek – desítky a stovky Kč),
- cena práce – okolo 10 tisíc Kč,
- Celková hodnota materiálu a práce za dobu 10 let okolo 120 000 Kč.

Celkové náklady na údržbu daného soustrojí založené na metodice TPM lze předpokládat za období 10 let okolo 520 000 Kč.

Další praktický příklad aplikace metodiky TPM je uveden v příloze I.

### **3.6 Implementace údržby v buňkové výrobě.**

Pro vlastní implementaci TPM bylo vybráno typizované pracoviště buňkové výroby, které se svým charakterem vyskytuje ve většině montážních a výrobních podniků. (Autopal s.r.o. – Nový Jičín, Rychvald, Dura Automotive Systém CZ s.r.o. , Brose CZ spol. s.r.o., Bang & Olufsen, Pegatron Czech s.r.o., atd...).

Jelikož se jedná u výše zmíněných podniků o typizované montážní pracoviště s podobnými montážními operacemi a podmínkami tj.:

- a) takt linky okolo 5 sekund,
- b) počet pracovišť v buňce 6,
- c) stejná směnnost,
- d) podobná organizace práce,
- e) stejné období sledování,
- f) stejné vnitřní a vnější podmínky,
- g) srovnatelná měrná poruchovost (neshody, odstávky) na jeden vyrobený kus,

je možno shrnout tyto poznatky z implementace do jednoho typizovaného příkladu aplikace TPM v buňkové výrobě.

Jak již bylo zmíněno v úvodu a teoretické části, cílem veškerých podniků je zisk. Proto se každý podnik snaží o efektivní vynakládání svých disponibilních prostředků. V průběhu zjišťování aktuálního stavu zařízení v podnicích si byl každý podnik vědom svých rezerv, které jsou způsobeny nedostatečnou péčí o své zařízení.

Při názorném výpočtu OEE a jeho následném grafickém vyhodnocení si každý podnik začal uvědomovat, jaké je malé procento výrobního produktivního času a co všechno snižuje tento čas:

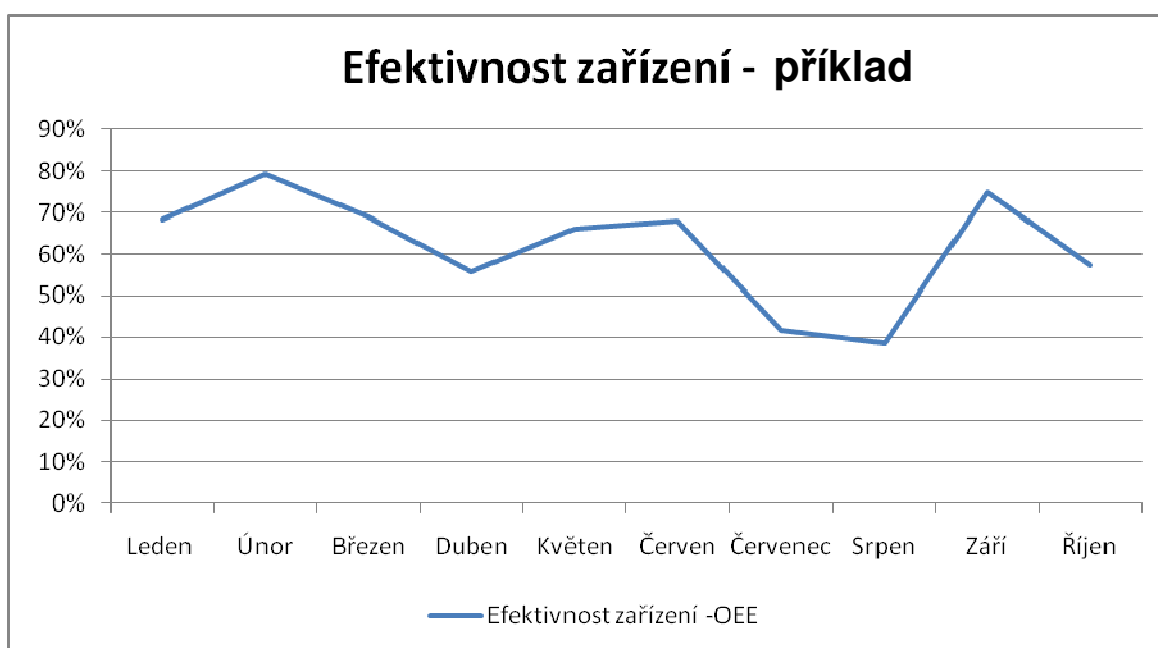
- a) Plánované odstávky – plánované odstávky byly prováděny ve výrobních časech, nebyl stanoven podrobný postup a čas na realizaci,
- b) Ztráty z prostojů zařízení – neodborné zásahy, dlouhodobé provizorní řešení, neprovádění postupů dle standardů, neaplikování technických zdokonalení, neaplikování drobných novějších technologií – docházelo k významným prostojům, které neumožňovaly využívat kapacitní vytížení operátorů a zařízení,
- c) Ztráty z výkonu zařízení – vlivem nedodržování standardů byla snížena rychlost jednotlivých posuvových zařízení. Zde zejména docházelo k úniku provozních medií a vlivem tření ke snížení rychlosti,
- d) Ztráty z vadné výroby – vlivem abrazivního tření dochází k opotřebení různých vedení, které mají následné značné vůle a způsobují neshodné výrobky.

V teoretické části byly popsány jednotlivé bloky TPM. Následující praktická implementace TPM zahrnuje šest základních bloků včetně dvou nových bloků „ergonomii“ a „administrativu“. Při implementaci TPM jsou využívány veškeré metody „štíhlé výroby“.

Samotná implementace se dělí na následující části:

a) **samostatná údržba**

Na základě následující analýzy OEE a jednotlivých bloků TPM byla zavedena taková opatření, aby došlo k maximálnímu využití zařízení.

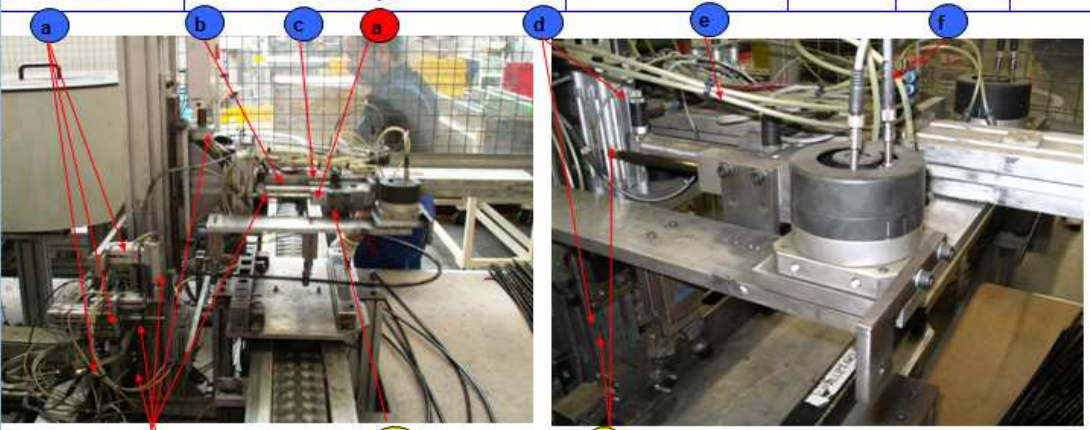



## Obr. 3.40 Celková efektivita zařízení

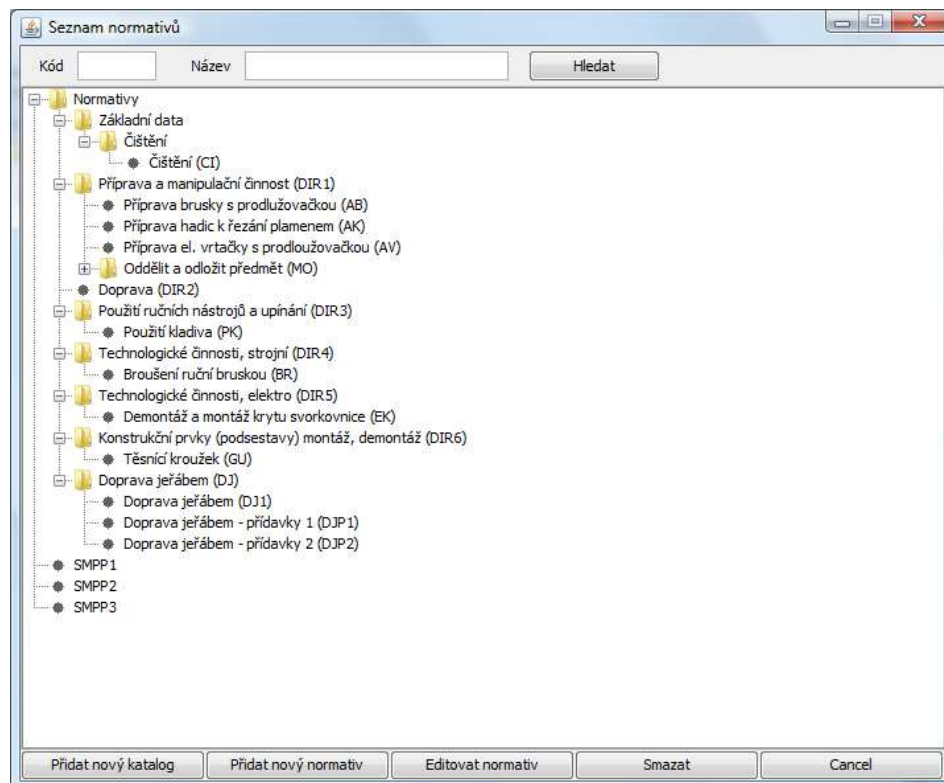
Z grafu je patrné, že zařízení jsou efektivně využívána v průměru ze 60%.

Další součástí samostatné údržby prvního bloku TPM jsou čistící a inspekční předpisy. Karty těchto předpisů jsou zavěšeny na každé buňce. Každý inspekční předpis je rozdělen do dvou částí. První grafická část naznačuje zařízení s názornými body předmětu postupu. Grafické znázornění může obsahovat fotografie, nebo v případě předpokládaného údržbářského zásahu 3D grafickou dokumentaci. Druhá postupová část jednoznačně identifikuje jednotlivé činnosti.

Tab. 3.6 Příklad čistícího a mazacího plánu

TPM	OBSLUHA				Datum	Číslo	Prac 3
	Čistící a mazací plán				10.3.2010		
STŘEDISKO		NÁZEV STROJE		Vytvořil	B.TECHNI	VEDOUcí	VEDOUcí
ORJ3		Stroj 34		Aleš Dresler	K	ÚDRŽBY	VÝROBY
							
							
Č.	POZICE STROJE	METODA	STANDARD	ČISTĚNÍ	ČETNOST		
					SMĚNA I. II. III.	Týdenní	Jiná
ČISTĚNÍ	1	Pneu válce -těžko přístupné	Štětce suchý, stlačený vzduch	Čistý	Suché čištění	V průběhu a na konci I., II.	
	2	Vedení ( 2x )	Štětce suchý, stlačený vzduch	Čistý	Suché čištění	V průběhu a na konci I., II.	
	3	AL profily ( 2x )	Štětce suchý, stlačený vzduch	Čistý	Suché čištění	V průběhu a na konci I., II.	
MAZÁNÍ	A	Vedení	Olej WD-40	Olejový film		V průběhu I., II.	
	B						
INSPEKCE	a	Pneu. Válec	Pohledem, poslech	Nepoškozený, bez úniku		V průběhu I., II.	
	b	Pneu. Válec ( 2x )	Pohledem, poslech	Nepoškozený, bez úniku, dotažený		V průběhu I., II.	
	c	Vedení	Pohybem	Bez vůle		V průběhu I., II.	
	d	Nosníky	Pohybem	Upevněný		V průběhu I., II.	
	e	Kontrola těsnosti (vzduchu)	Poslech	Bez úniku vzduchu		V průběhu I., II.	
	f	Neporušený el. kabel	Pohledem	Nepoškozený		V průběhu I.	
POZN:	I. - ranní směna II. - odpolední směna III. - noční směna		Záznamy:		CELKEM		
					Čas	2,51 min.	
					Číslo		

Časová náročnost postupu je zpracovaná v software NORMATIVY 2011. V následující části bude prezentována ukázka vytvoření a vazeb postupu v software NORMATIVY 2011. Časové náročnosti kroků čištění jsou již zpracované v normativních viz. ukázka:



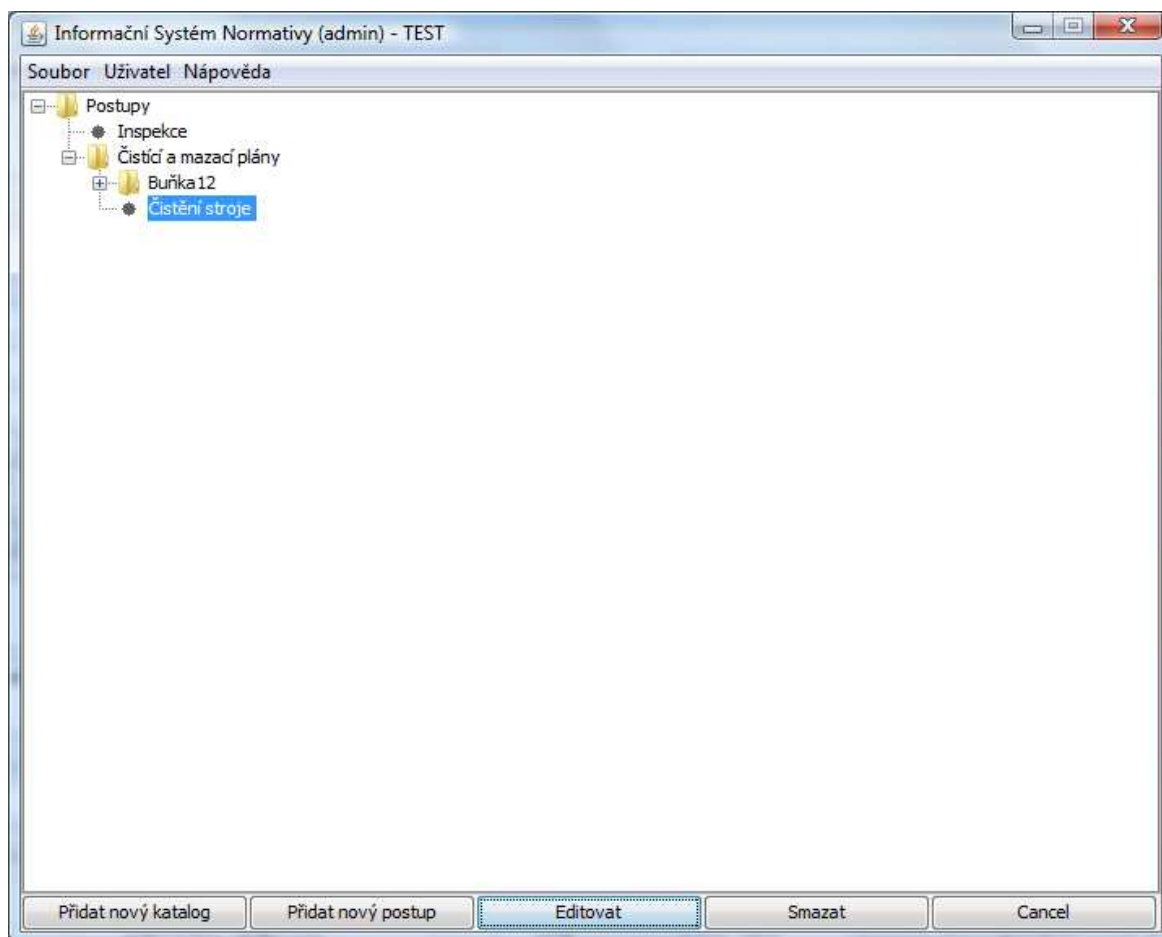
Obr. 3.41 Seznam normativů

Princip spočívá ve výběru metody čištění a plochy čištění dle zadaného postupu.

Normativ - Čištění					
Název tabulky	Čištění	Rodič	CTLG3		
Kód tabulky	CI	Dokument			
<input checked="" type="radio"/> Označovat řádky v tabulce		<input type="radio"/> Označovat sloupce v tabulce		Výkres	
Provedení	Hodnota kódu	Plocha dm2			Přídavek + 10...
Způsob	Kód	1	5	10	P
Škrabka	A	0.32	0.54	0.79	0.5
Ocelový kartáč	B	0.54	0.93	1.42	1.0
Hadr suchý	C	0.11	0.2	0.31	0.22
Hadr moký	D	0.57	0.73	0.93	0.4
Štětce suchý	E	0.17	0.23	0.32	0.17
Štětce moký	F	0.68	0.88	1.13	0.5
Stlačený vzduch	G	0.17	0.22	0.26	0.14
Sekáč + kladivo	H	1.44	5.16	10.28	8.0
Čištění zubů oz. kola	I	1.83	2.4	3.12	

Obr. 3.42 Normativ čištění

V nabídce postupy je zpracované „stromové menu“ v „čisticích a mazacích plánech“, které se dělí na jednotlivé výrobní buňky, v našem případě „Buňka 12“. Jako příklad postupu je zde uvedeno „Čištění stroje“. Jestliže rozkliknem tento postup dostaneme se do prostředí editace postupů, které vidíme o jeden obrázek níže.



Obr. 3.43 Přehled postupů

Postup tvoříme z výše uvedených normativů. V tomto prostředí „editace postupu“ názorně vidíme důležité položky:

- výkres – můžeme přiložit výkres,
- dokument – můžeme připojit samotný inspekční předpis, nebo připojit databázový soubor,
- kvalifikace – rozlišujeme kdo daný postup bude užívat a také jsme schopni vypočítat celkovou mzdu, kterou je potřeba vynaložit na tento postup.

Editace postupu - Čistění stroje																																																					
Název	<input type="text" value="Čistění stroje"/>	Rodič	<input type="text" value="Čisticí a mazací plány"/>																																																		
Popis	<input type="text" value="Opakování"/>	Výkres	<input type="text" value="Soucast2.par"/>																																																		
		Dokument	<input type="text" value="090596_CONFIG_20110217T074349.csv"/>																																																		
Umístění	<input type="text"/>	Kvalifikace	<input type="text" value="Operátor"/>																																																		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Postupy <span style="background-color: #e0e0e0; padding: 2px 5px;">Normativy</span></p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; margin-top: 5px; text-align: center;">Vybrat postup</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>p.č.</th> <th>Položky</th> <th>Čas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td colspan="3" style="height: 150px;"></td></tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px 10px;">Vložit postup</span> <span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px 10px;">Vybrat vše</span> <span style="border: 1px solid #ccc; padding: 2px 10px;">Vložit</span> </div> </div> <div style="width: 65%;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>p.č.</th> <th>Text činnosti</th> <th>TA</th> <th>TB</th> <th>TC</th> <th>Čas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Připrava pneumatické hadice, pomůcky, olej</td><td>0.38</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.38</td></tr> <tr><td>2</td><td>Č-1 Štětce suchý a stlačený vzduch 5 pozic</td><td>0.36</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.36</td></tr> <tr><td>3</td><td>Č-2 Štětce suchý a stlačený vzduch 1 pozice</td><td>0.12</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.12</td></tr> <tr><td>4</td><td>Č-3 Štětce suchý a stlačený vzduch 2 pozice</td><td>0.22</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.22</td></tr> <tr><td>5</td><td>M -A Vedení Olej WD-40</td><td>0.23</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>0.23</td></tr> <tr><td>6</td><td>I - a-f Kontrola poslechem a pohybem, 8 pozic</td><td>1.2</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>1.2</td></tr> </tbody> </table> </div> </div>						p.č.	Položky	Čas				p.č.	Text činnosti	TA	TB	TC	Čas	1	Připrava pneumatické hadice, pomůcky, olej	0.38	0.0	0.0	0.38	2	Č-1 Štětce suchý a stlačený vzduch 5 pozic	0.36	0.0	0.0	0.36	3	Č-2 Štětce suchý a stlačený vzduch 1 pozice	0.12	0.0	0.0	0.12	4	Č-3 Štětce suchý a stlačený vzduch 2 pozice	0.22	0.0	0.0	0.22	5	M -A Vedení Olej WD-40	0.23	0.0	0.0	0.23	6	I - a-f Kontrola poslechem a pohybem, 8 pozic	1.2	0.0	0.0	1.2
p.č.	Položky	Čas																																																			
p.č.	Text činnosti	TA	TB	TC	Čas																																																
1	Připrava pneumatické hadice, pomůcky, olej	0.38	0.0	0.0	0.38																																																
2	Č-1 Štětce suchý a stlačený vzduch 5 pozic	0.36	0.0	0.0	0.36																																																
3	Č-2 Štětce suchý a stlačený vzduch 1 pozice	0.12	0.0	0.0	0.12																																																
4	Č-3 Štětce suchý a stlačený vzduch 2 pozice	0.22	0.0	0.0	0.22																																																
5	M -A Vedení Olej WD-40	0.23	0.0	0.0	0.23																																																
6	I - a-f Kontrola poslechem a pohybem, 8 pozic	1.2	0.0	0.0	1.2																																																
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;"> <p>Výpočet</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>TA1 2.51</td> <td>T1 2.51</td> </tr> <tr> <td>TB1 0.0</td> <td>T2 0.0</td> </tr> <tr> <td>TC1 0.0</td> <td>T3 0.0</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Celkový výsledek</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Celkový čas 2.51</td> </tr> <tr> <td>Celková cena 25.1</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Autor</p> <p>Vložil <input type="text" value="admin admin"/></p> <p>Upravil <input type="text"/></p> <p>Poslední změna <input type="text" value="21:02:42 10.03.2011"/></p> </div> <div style="width: 30%;"> <p>Nová položka</p> <div style="display: grid; grid-template-columns: repeat(2, 1fr); gap: 5px;"> <div>Z postupu</div> <div>Z normativu</div> <div>Ruční zadání</div> <div>Odstranit</div> <div>Kopírovat</div> <div>Přesunout</div> <div style="background-color: #add8e6; border: 1px solid black; padding: 5px;">Uložit</div> <div>Cancel</div> </div> </div> </div>						TA1 2.51	T1 2.51	TB1 0.0	T2 0.0	TC1 0.0	T3 0.0	Celkový čas 2.51	Celková cena 25.1																																								
TA1 2.51	T1 2.51																																																				
TB1 0.0	T2 0.0																																																				
TC1 0.0	T3 0.0																																																				
Celkový čas 2.51																																																					
Celková cena 25.1																																																					

Obr. 3.44 Editace postupu



V připojeném dokumentu můžeme mít také podrobnější informace o daném postupu, nebo se můžeme proklikat k samotnému dokumentu, který je připojený k normativu viz. níže:

#### 4.3. CI – Čištění – mechanicky, stlačeným vzduchem, ultrazvukem

CI	Čištění				
Způsob	Kód	Plocha [dm <sup>2</sup> ]			Přid. + 10 dm <sup>2</sup>
		1	5	10	P
Škrabka	A	0,32	0,54	0,79	0,50
Ocelový kartáč	B	0,54	0,93	1,42	1,00
Hadr suchý	C	0,11	0,20	0,31	0,22
Hadr mokrý	D	0,57	0,73	0,93	0,40
Štětce suchý	E	0,17	0,23	0,32	0,17
Štětce mokrý	F	0,68	0,88	1,13	0,50
Stlačený vzduch	G	0,17	0,22	0,26	0,14
Sekáč + kladivo	H	1,44	5,16	10,28	8,00
Čišt. zubů oz. kola	I	1,83	2,40	3,12	
		Hmotnost [kg]			
		Kód	5	10	
Ultrazvuk	J		0,66	0,98	
Čištění drátem	K	0,9 / 1 dutina			

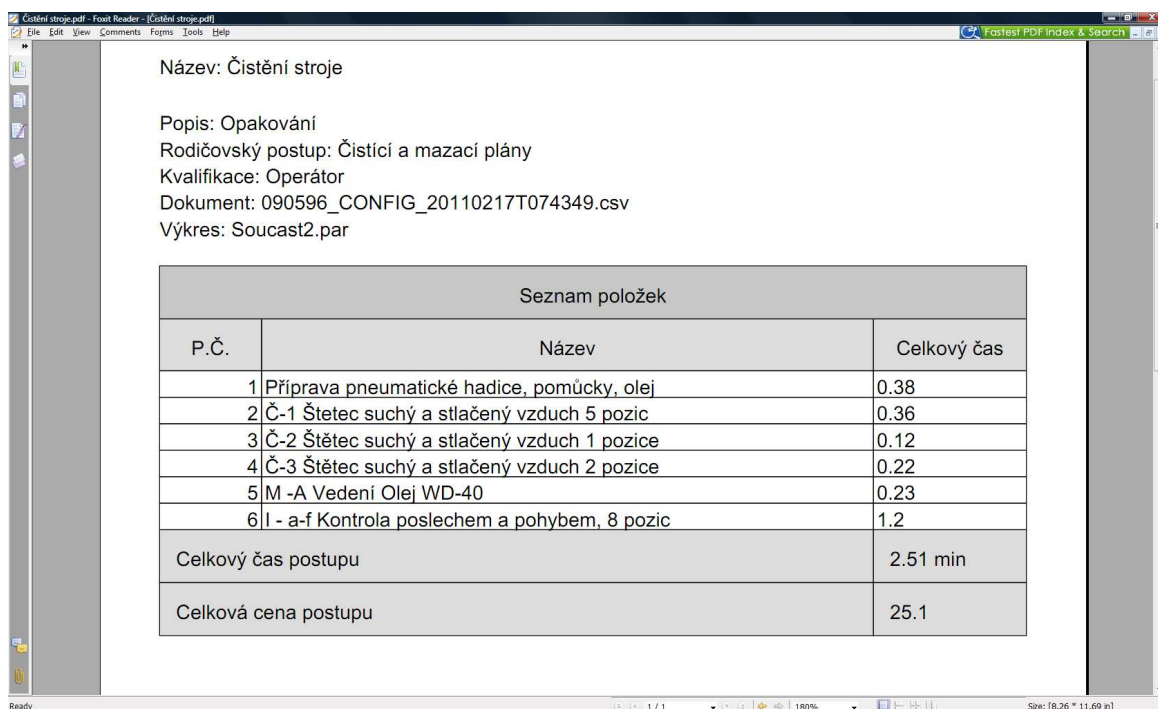
##### Obsah činnosti:

Vzít příslušný nástroj, provést očištění silně znečištěné plochy s obtížným přístupem a odložit nástroj:

- **Při čištění suchým hadrem** je započteno jeho vyklepávání.
- **Při čištění mokrým hadrem** jeho namáčení a otírání o hranu.
- při čištění stlačeným vzduchem v je v čase započteno otevření a zavření přívodu vzduchem.
- **Při čištění ultrazvukem** je započítáno vložit předmět do ultrazvukového zařízení, vyjmutí předmětu po vyčištění, vysušení stlačeným vzduchem a vizuální kontrola osušeného předmětu, odložení dílce a pistole. V čase není započten technologický čas vlastního čištění v ultrazvukovém zařízení.
- **Při čištění zubů ozub. kol** je započítáno vzít příslušné čisticí pomůcky (štětce, mokrý a suchý hadr, vzd. pistoli), provést očištění odmašťovadlem, petrolejem a po očištění pomůcky odložit.
- **Při čištění dutiny drátem** je započítáno vzít drát, umístit, zasunout do drážky a čistit protahováním.

Obr. 3.45 Dokument normativu [3]

Samotný postup můžeme převést do souboru pdf.



Seznam položek		
P.Č.	Název	Celkový čas
1	Příprava pneumatické hadice, pomůcky, olej	0.38
2	Č-1 Štětce suchý a stlačený vzduch 5 pozic	0.36
3	Č-2 Štětce suchý a stlačený vzduch 1 pozice	0.12
4	Č-3 Štětce suchý a stlačený vzduch 2 pozice	0.22
5	M -A Vedení Olej WD-40	0.23
6	I - a-f Kontrola poslechem a pohybem, 8 pozic	1.2
Celkový čas postupu		2.51 min
Celková cena postupu		25.1

Obr. 3.46 Export postupu

## b) plánovaná údržba

Dle nastavených pravidel jsou vytvořeny standardy pro samotné operátory (viz, příklad v samostatné údržbě) a údržbáře. V samotných standardech jsou již obsaženy pravidelné intervaly provádění, které vycházejí ze zkušeností, nebo obvyklých standardů. Součástí plánované údržby je také prediktivní údržba, která je založena na diagnostice zařízení.

Informace o neshodných parametrech daného prvku je možno získávat z následujících zdrojů:

- simatik – většina výrobních buněk je osazena těmito počítači, které jsou schopny zasílat informace o nefunkčnosti, případných neshodách na zařízení do informačního systému,



Obr. 3.47 Řídící jednotka SIMATIC [19]

- kamery IP – pomocí sledovacích sekvencí jsou schopna tato zařízení vyhodnocovat neshodné obrazy vůči standardu a následně zasílat alarmové hlášení do informačního systému,
- měřicí karty – Datalogery je možno využít jako nezávislá zařízení, která jsou schopna na základě senzorů získat potřebné informace o případných hodnotách určitých veličin mimo tolerance a následně zaslat tyto informace do informačního systému.

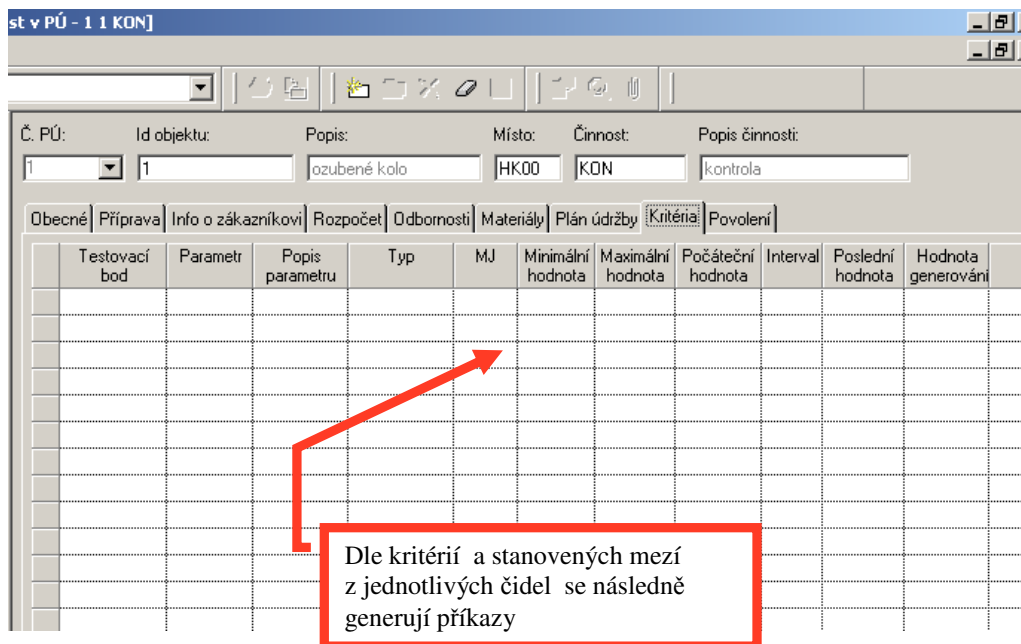


Obr. 3.48 Zapojený Dataloger



Obr. 3.49 Příklady výstupních signálů z datalogeru

Výstupy z datalogerů, simatiku, případně Ip kamery jdou vhodně vizualizovat a prezentovat, případně využít pro další algoritmy. Dnes již veškeré ERP systémy dokážou pracovat s alarmovými výstupy, na základě kterých je možno generovat různé akce (objednávky) viz příklad IFS:



Obr. 3.50 Karta informačního systému [10]

a) **trénink pracovníků**

Trénink pracovníků řeší teoretická část,

b) **metodika hladkých přejímek**

Jelikož v rámci aplikace nešlo o zavádění plánů postupů na úplně nové buňce, byla doplněna výkresová dokumentace a standardy o chybějící,

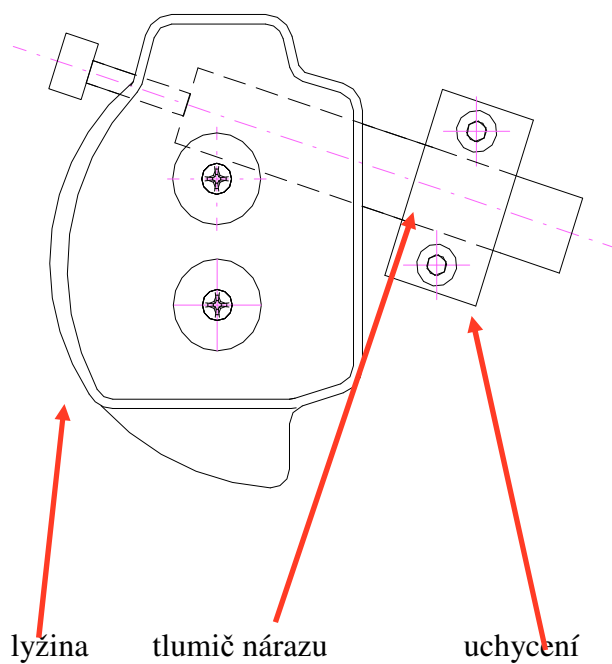
c) **technická zdokonalení strojů**

V typické buňkové výrobě se vyskytují zejména:

- konstrukce z hliníkových profilů,
- různé dopravní vozíky,
- pneumatická zařízení.

Vlivem chodu zařízení dochází k rázům, které je potřeba tlumit. Nevýhodou hliníkových konstrukcí je, že se brzy spoje omačkají a způsobují povolování konstrukce. Proto je možné využívat následující technická zdokonalení:

- Tlumení rázů dopravních vozíků,  
Paletu je nutno opatřit tlumičem nárazu



Obr. 3.51 Tlumící zařízení

- Stávající pneumatické pohony je možno vyměnit za modernější, které mají samotlumící účinky a to jak radiální pohony tak přímočaré.

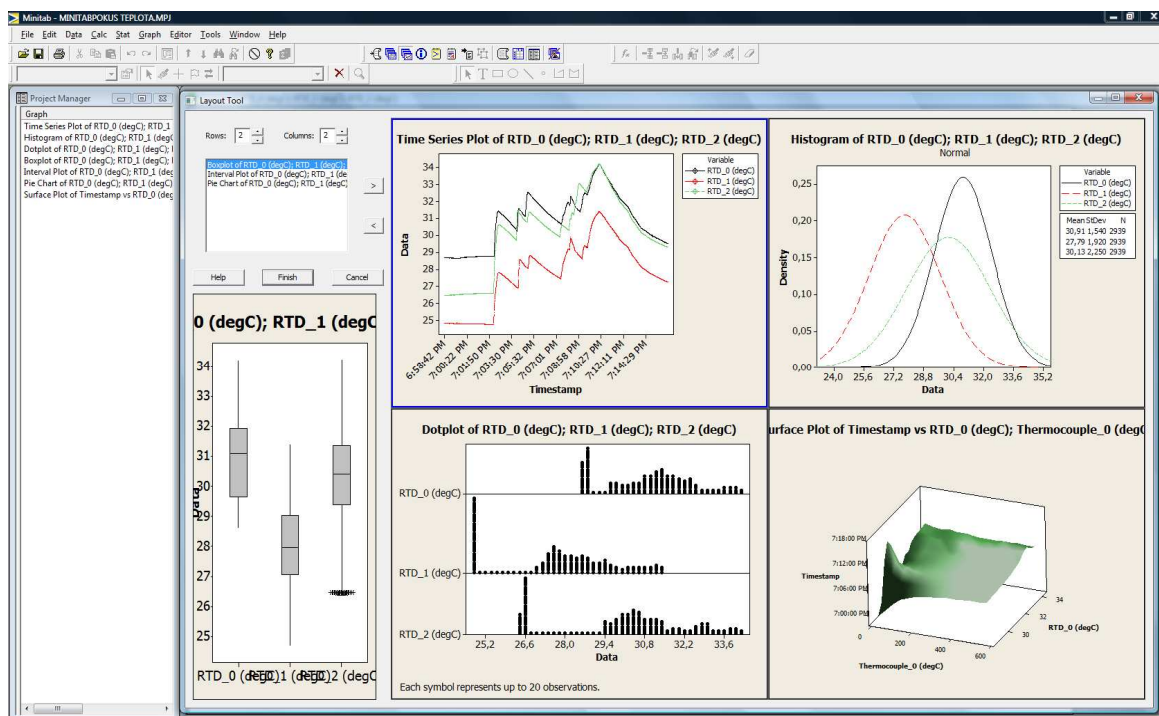


Obr. 3.52 Typy moderních pneumatických válců [19]



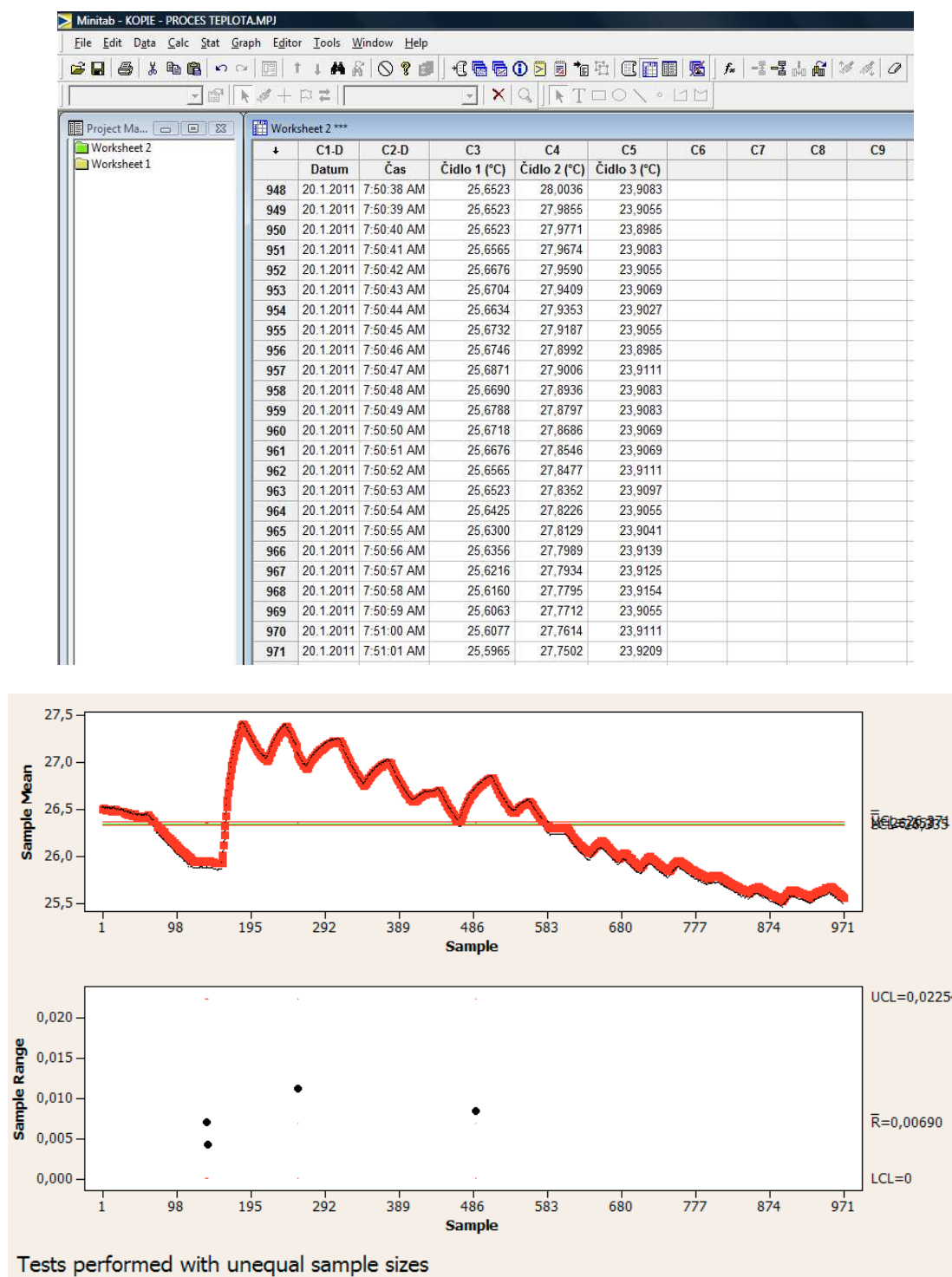
#### d) Analýza využití strojů

Při samotné analýze strojů je využito metodiky SIX – SIGMA, která používá statistické nástroje. S touto metodikou je spojen vyhodnocovací software Minitab, který využívám při následujících analýzách. V následující ukázce je provedeno měření oteplení jednotlivých třecích ploch vedení při zatěžování. Pro samotném analyzování naměřených hodnot již nemohou být využity klasické nástroje jako je Microsoft Exel, ale je potřeba vzhledem k množství naměřených dat využívat rychlejší nástroje jak již bylo uvedeno například MINITAB.



Obr. 3.53 Náhled výstupů výsledků softwaru MINITAB

V příloze uvádím příklady naměřených dat pomocí datalogeru DT 80, který je schopen zaznamenávat několik hodnot najednou. Viz následující grafy:



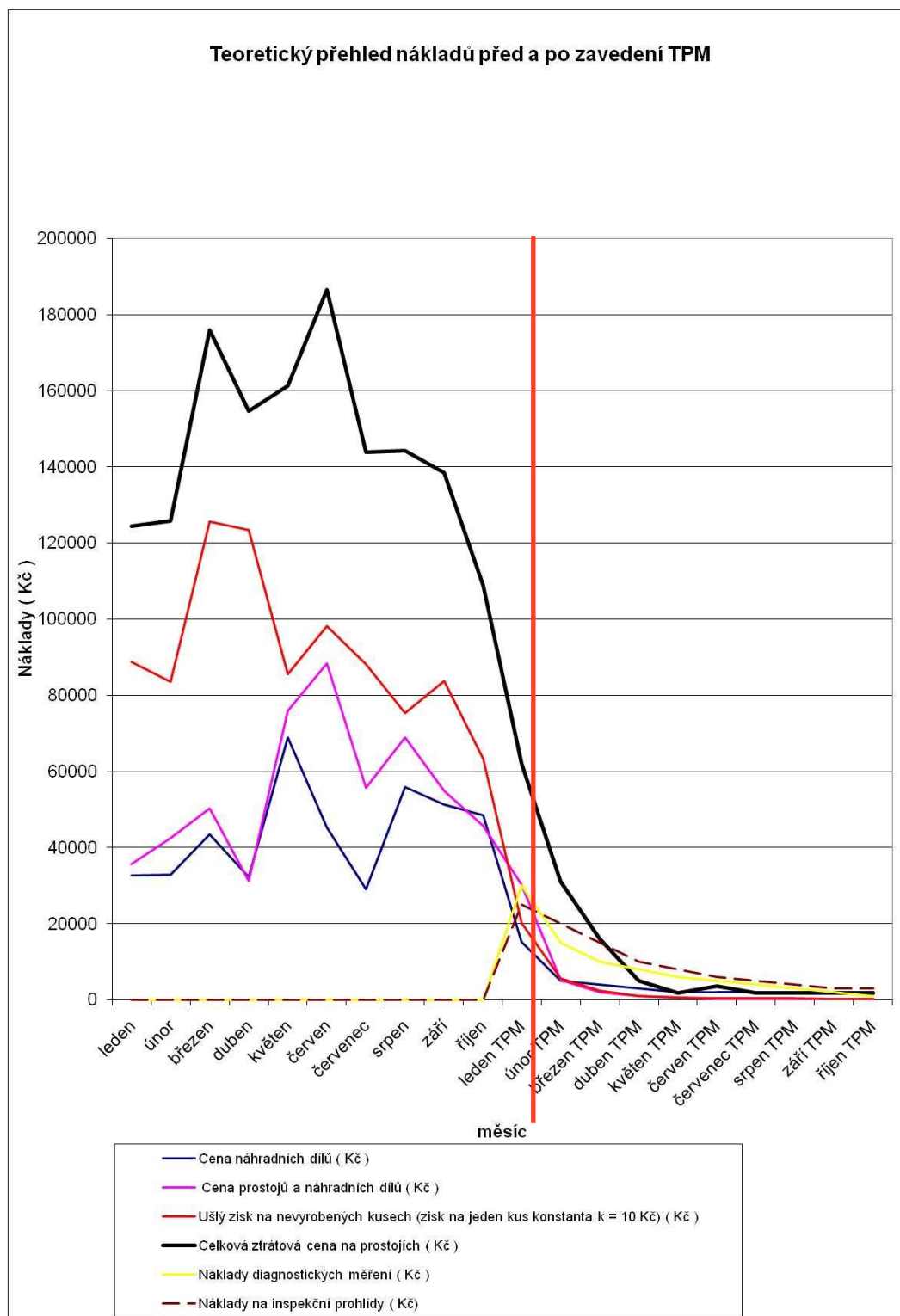
Obr. 3.54 Příklad měření teploty

Vyhodnocovací program MINITAB 15 má již přednastavené různé statistické funkce a analýzy. Tímto nástrojem je možno rychleji odhalit případné abnormality procesu. V příloze jsou přiloženy soubory se statistickými analýzami, včetně demoverze software.

V následujícím grafu je naznačen příklad porovnání nákladů před o po zavedení TPM. Graf řeší pouze jednu výrobní buňku v podniku. Červená čára znázorňuje předěl mezi



minulým a budoucím stavem. Z grafu vyplývá snížení nákladů vlivem prostojů. Na místo těchto nákladů vyvolaných prostoji po zavedení TPM jde vidět minimální nárůst nákladů, který je způsoben diagnostickými měřeními a prováděním inspekčních prohlídek. Tento trend měření a inspekčních prohlídek je klesající, protože postupem doby dochází k jejich ustálení na optimální minimální hodnotě.



Obr. 3.55 Náklady před a po zavedení totálně produktivní údržby

#### 4 Diskuse výsledků

V úvodní části disertace byly představeny dvě koncepce metodiky „totálně produktivní údržby“ (dále jen TPM). První koncepce je aplikovaná v České Republice a vychází z výchozích bloků TPM. Druhá koncepce udává aktuální trend TPM, který je doplněn ještě o dva bloky a to, „ergonomie pracoviště“ a „implementace TPM v administrativě“. K aktuálním trendům samozřejmě patří zeštíhlování výroby.

Tento směr také vstupuje do samotné metodiky TPM, která používá nástroje „štíhlé výroby“ při implementaci do praxe. V práci je těchto významných nástrojů „štíhlé výroby“ zmíněno celkem osm (viz 1.3). V praktické části je představen návrh software „NORMATIVY 2011“, který umožňuje efektivně zpracovávat data pro plánování údržbářských činností. Software „NORMATIVY 2011“ svým obsahem tvoří oporu k upevnění základních 6 bloků TPM a směřuje k naplnění nových dvou bloků metodiky TPM. Z hlediska sedmého bloku „ergonomie“ pracuje software „NORMATIVY 2011“ s pohybovými normativy, které umožňují těchto ergonomických požadavků docílit.

Software „NORMATIVY 2011“ umožňuje tvorbu postupů a jejich archivaci do stromové struktury investičního majetku podniku, včetně archivace připojených příloh (výkresová dokumentace, animace). Touto funkcí je software „NORMATIVY 2011“ schopen naplnit osmý blok TPM „administrativu“. Postupy, standardy podpořeny 3D výkresovou dokumentací vytvořené za pomoci software „NORMATIVY 2011“ dokážou určit spotřebu času na danou údržbářskou aplikaci. Pro samotné plánování je základním údajem právě spotřeba času. Tato důležitá informace o spotřebě času je základní metrikou pro realizaci principů TPM a „štíhlé výroby“.

Výrobní podniky, které neprošly nástroji „štíhlé výroby“ a nevyužívají metodiku TPM často zahrnují časové ztráty vlivem prostojů již do samotných plánů, proto se předpokládá, že implementace TPM pro ně nebude mít význam.

Na závěr praktické části je uveden řešený příklad aplikace TPM, který byl realizován z prostředků Ministerstva průmyslu a obchodu a dále je rozpracován příklad aplikace metodiky TPM v buňkové výrobě.

TPM lze zavést ve všech výrobních podnicích bez ohledu na výrobní oblast a opakovatelnost výroby.

Socioekonomické přínosy disertace jsou v uvedení nové metodiky a filozofie, která prokazatelně urychlí tvorbu časových a grafických standardů. Pro podporu těchto tvrzení

jsou v disertační práci provedeny analýzy, které dokazují, že tvorbou standardů dle stavebnicového postupu dosáhneme nejen rychlejší čas při implementaci totálně produktivní údržby, ale také vyšší přesnosti. Skladba normalizovaných součástí do vyšších celků umožní také menší chybovost při tvorbě výkresové dokumentace. Pro podporu této standardizace byl vytvořen software Normativy 2011, který dokáže integrovat uvedené metodiky a filozofie.

Disertace navázala na dosažené výsledky v projektech Ministerstva průmyslu a obchodu:

- výzkum a vývoj komplexního diagnostického servisu a jeho integrace do řízení FI – IM/168 (financováno MPO),
- výzkum a vývoj základních nástrojů řízení v oblasti údržby FD – K/068 (financováno MPO ).

Další rozvíjení výsledků disertace by mělo zejména probíhat v následujících oblastech:

- tvorba co největšího počtu předem předdefinovaných prací,
- doplňování nových postupů stavebnicovým systémem do předpřipravené stromové struktury,
- dodávání a připravování nových standardů, které ve svých postupech využívají moderní rychlé technologie diagnostiky, nové rychlejší nástroje údržby (zařízení pro utahování a jejich přípravky, nové typy těsnících technologií, nové technologie pro udržení čistoty atd.),
- reagování na změny softwarových technologií pro udržení kompatibility software NORMATIVY 2011 s aktuálními informačními systémy.

## 5 Zhodnocení dosažených výsledků

Z výsledků disertace „*Výzkum a vývoj totálně produktivní údržby a aplikace v praxi*“ vyplývají tyto závěry:

- a) Byla představena metodika „totálně produktivní údržby“ (viz 1.1) a (viz 1.2), **doplněna o dva nové bloky, ergonomii a administrativu** (viz obr. 1.2). Byly představeny nástroje „štíhlé výroby“ (viz 1.3). Byly představeny základní důvody pro implementaci metodiky „totálně produktivní údržby“ (viz tab. 2.1).
- b) První vědecký přínos disertace je ve zpracování dotazníkového šetření. Bylo provedeno dotazníkové šetření potřebnosti implementace metodiky „totálně produktivní údržby“ (viz 3.1). Z celkového závěru plyne, že podniky implementují totálně produktivní údržbu, ale bohužel její úroveň je značně rozdílná (viz obr. 3.11). Z průzkumu dále vyplývá, že **standardizace je v údržbářské činnosti prováděna, ale bohužel bez určení objektivní časové náročnosti** (viz obr. 3.12).
- c) **Byl vytvořen dílčí praktický cíl disertace software „NORMATIVY 2011“ (viz 3.2), který umožňuje tvorbu standardů** pro údržbářské činnosti (viz obr. 3.21) a (viz obr. 3.22). Software umožňuje také tvorbu stavebnicových postupů z již vytvořených normativů a umožňuje k nim přiřadit výkresovou dokumentaci a soubory (viz obr. 3.26).
- d) V rámci dílčího cíle byly uvedeny metodiky pro stanovení spotřeby času na operace (viz 3.2). Druhý vědecký přínos disertace je v porovnání a určení nejefektivnější metodiky pro stanovení spotřeby práce v údržbářských činnostech. **Nejefektivnější metodou se stala metoda dle pohybových modelů (viz obr. 3.33).** Při využití software „NORMATIVY 2011“ se při standardizaci dosahuje vysoké efektivity analytického času srovnatelného s operačním (viz obr. 3.34). Předpoklady a výsledky byly dále graficky znázorněny (viz obr. 3.35).
- e) **Byl vytvořen 3D výchozí grafický standard za podpory software Solid Edge** (viz 3.4). Při tvorbě grafických standardů lze využívat generátorů strojních součástí (viz obr. 3.37) a databází strojních dílů (viz obr. 3.38). Za pomoci generátorů a databází byl vytvořen základní standard převodovky (viz obr. 3.36). Efektivita tvorby výkresové dokumentace pro účely

údržbářských operací je za pomoci těchto databází a generátorů vysoká (viz obr. 3.39). Podrobnější výkresová dokumentace, náhledy a vizualizace převodovky jsou součástí přílohy (viz příloha III.).

- f) Hlavní cíl disertace vypracovat komplexní podpůrný systém umožňující snížení prostojů a ztrát v celoživotním cyklu investičního majetku užívaného ve výrobním procesu byl realizován prostřednictvím software „NORMATIVY 2011“. Na příkladě (viz 3.6) byla provedena implementace za použití software „NORMATIVY 2011“ s pohybovými normativy a s využitím grafického vizuálního standardu. Bylo provedeno celkové vyhodnocení efektivity zařízení (viz obr. 3.40), které se pohybovalo před implementací okolo 60%. **Byl sestaven čistící a mazací plán (viz tab. 3.6), za podpory software „NORMATIVY 2011“** (viz obr. 3.41). Časová náročnost operací byla vygenerována (viz obr. 3.44) za využití pohybového normativu (viz obr. 3.42) a (viz obr. 3.45). Třetí vědecký přínos disertace je v uvedení příkladů prediktivní diagnostiky. Byly představeny příklady diagnostiky vyskytující se v široké oblasti automobilového průmyslu využitelné pro řízení údržby a výroby (viz příloha I.). V bloku plánované údržby **byl představen systém prediktivní diagnostiky** za využití moderních mířících přístrojů SIMATIC (viz obr. 3.47) a DATALOGER (viz obr. 3.48). Dataloger se osvědčil pro tvorbu vizualizace měřené veličiny (viz obr. 3.49). Pro vyhodnocení naměřených dat byl využit nástroj štíhlé výroby SIX-SIGMA software MINITAB (viz obr. 3.53) a (viz obr. 3.54). Další příklady měřených aplikací s využitím DATALOGERU jsou součástí přílohy (viz příloha I.). Pro řízení údržby na základě prediktivní diagnostiky byl představen ERP systém IFS, který dokáže na základě výstupních hodnot delegovat pravidla (viz obr. 3.50). Bylo provedeno ekonomické zhodnocení implementace metodiky „totálně produktivní údržby“ před a po zavedení metodiky „totálně produktivní údržby“ (viz obr. 3.55), z kterého vyplývá snížení prostojů a ztrát a s tím plynoucí zlepšení ekonomických výsledků. Implementací metodiky „totálně produktivní údržby“ za pomoci software NORMATIVY 2011 lze předpokládat synergické efekty, které se projeví nejen ve snížení prostojů a ztrát, ale také v objektivnějším plánování výroby vzhledem k přesnějším údajům.

## 6 Seznam použitých pramenů

- [1] NOVÁK, J. *Organizace a řízení*. Ostrava : 2006, 105 s. ISBN 80-248-1223-1.
- [2] KOŠTURIÁK, J.; FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha : Alfa Publishing, 2006. 240 s. ISBN 80-86851-38-9 .
- [3] NOVÁK, J. *Datová základna pro údržbu, montáže a další pomocné a obslužné práce: soubor základních technologických postupů*. Ostrava : 2004,
- [4] MASAÁKI, I. *Kaizen metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. 1. vyd. Brno : Computer Press, 2004, 272 s. ISBN 80-251-0461-3.
- [5] NOVÁK, J.; ŠAJDLEROVÁ, I. *Řízení strojírenských podniků*. Ostrava : 2002, ISBN 80-248-0101-9.
- [6] TOMEK, G.; VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Praha : Grada Publishing, 1999, ISBN 80-7169-578-5.
- [7] RAKYTA, M. *Koncept TPM*. [online]. [cit.1. 4. 2011]. Dostupné z URL: <[http://www.tpm.sk/index\\_files/Page1400.htm](http://www.tpm.sk/index_files/Page1400.htm)>
- [8] KAVAN, M. *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada Publishing, 2002, 421s. ISBN 80-247-0199-5.
- [9] MAKOVSEK. *FFT Properties [počítačový program]*. Ver. 5.0.2.16. USA : 2008. Počítačový program pro FFT, 8,17MB. Vyžaduje Windows XP. Trial verze, shareware pro komerční využití (registrace dle rozsahu).
- [10] ALTEC - IFS APLIKACE [online]. c2010, poslední revize 1.4. 2011 [cit.2008-30-04]. Dostupné z URL <<http://www.altec.cz/cz/ifs.asp>>.
- [11] GREGOR, M.; KOŠTURIÁK, J. *Just-in-time. Výrobní filozofie pro dobrý management*. 1. vyd. Bratislava : ELITA, 1994, 299 s. ISBN 80-85323-64-8.
- [12] MAŠÍN, I.; VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě: Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. 1. vyd. Liberec : Institut průmyslového inženýrství, 1996, 253 s. ISBN 80-902235-0-8.
- [13] VYTLAČIL, M.; MAŠÍN, I.; STANĚK, M. *Podnik světové třídy Geneze produktivity a kvality*. 1. vyd. Liberec : Institut průmyslového inženýrství, 1997, 277 s. ISBN 80-902235-1-6.

- [14] MAŠÍN, I.; VYTLAČIL, M. *TPM Management a praktické zavádění*. 1. vyd. Liberec : Institut průmyslového inženýrství, 2000, 251 s. ISBN 80-902235-5-9.
- [15] JEŽEK, O. [online]. C2010, poslední revize 1.4.2011[cit.2011-30-04]. Dostupné z URL: <<http://www.produktivita.cz/cs/galerie-oblibenych-omylu/omyly-v-tpm.html>>.
- [16] ŠTUSEK, J. *Metody předem stanovených časů [online]*. C2010, poslední revize 15.4.2011[cit.2011-30-04]. Dostupné z URL: <[http://www.metody+p%C5%99edem+stanoven%C3%BDch+%C4%8Das%C5%AF&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&client=firefox&rlz=1R1WZPB\\_cs\\_\\_\\_CZ363](http://www.metody+p%C5%99edem+stanoven%C3%BDch+%C4%8Das%C5%AF&ie=utf-8&oe=utf-8&aq=t&client=firefox&rlz=1R1WZPB_cs___CZ363)>.
- [17] ŠTUSEK, J. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha : C.H.Beck, 2007, 242s. ISBN 80-7179-534-8.
- [18] KYSELÝ, M. *Soustava normativů projektování práce*. Praha : 1988. 198s.
- [19] WILEY, J. *Handbook of industrial engineering: technology and operations management*. Canada : 2001, 2699s. ISBN 0-471-330574.
- [20] Technische Universitat Hesselbach. *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing. Proceedings of the 18th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*. London New York : 2011, 687s. ISBN 978-3-642-19692-8.

## 7 Seznam vlastních prací vztahující se k tématu disertace

- [1] DRESLER, A. Počítačově integrovaná výroba. In *Řízení inovací a transfer technologií 2010*. VŠB-TU Ostrava 2010, 1. Vydání, s. 64-72, ISBN 978-80-248-2194-8.
- [2] DRESLER, A. Systém identifikace činnosti výrobních zařízení a pracovníků a následná integrace do řízení výroby a údržby. In *Řízení inovací a transfer technologií 2010*. VŠB-TU Ostrava 2010, 1. Vydání, s. 73-78, ISBN 978-80-248-2194-8.
- [3] DRESLER, A. Benefits implementation informace systems. In *Sborník semináře - Progressive Methods in Manufacturing Technologies 2009*. Žilina 2009, 1. Vydání, s. 68-73, ISBN 978-80-89276-22.
- [4] DRESLER, A. Benefits implementation informace systems. In *Recenzovaný časopis – Technological engineering number 2/2009*. volume VI. Žilina 2009, s. 68-73, ISSN 1336-5967
- [5] DRESLER, A. Systém identifikace činnosti výrobních zařízení a pracovníků a následná integrace do řízení výroby a údržby. In *Sborník semináře - Řízení strojírenské výroby 2008*. VŠB-TU Ostrava 2008, 1. Vydání, s. 34-41, ISBN 978-80-248-1878-8.
- [6] DRESLER, A. Systém sledování činnosti výrobních zařízení a pracovníků a následné využití ve výrobním procesu. In *Sborník semináře - Progressive Methods in Manufacturing Technologies 2008*. Žilina 2008, 1. Vydání, s. 89-93, ISBN 978-80-89276-13-4.
- [7] DRESLER, A.; GREGOR, M.; MIČETA. Systém monitorování výrobních zařízení a pracovníků a následné využití v řízení výroby a údržby. In *Kniha - Metody i techniki zarzadzania w Inżynierii Produkcji 2009*. Bielsko-Biala 2009, 1. Vydání, s. 315-319, ISBN 978-83-60714-64-5.



## 8 Seznam obrázků

Obr. 1.1	Stupně vývoje systému údržby [7] .....	11
Obr. 1.2	Současný trend bloků TPM [20].....	12
Obr. 1.3	Celková efektivnost zařízení [14], upraveno autorem.....	21
Obr. 1.4	Ishikawův diagram příčin a následků [12] .....	27
Obr. 1.5	5S pět kroků dobrého hospodaření [13], upraveno autorem .....	28
Obr. 1.6	Mapa toku hodnoty [2] .....	31
Obr. 3.1	Otázka č. 1 – průzkum úrovně údržby.....	42
Obr. 3.2	Otázka č. 2 – průzkum úrovně údržby.....	43
Obr. 3.3	Otázka č. 3 – průzkum úrovně údržby.....	43
Obr. 3.4	Otázka č. 4 – průzkum úrovně údržby.....	44
Obr. 3.5	Otázka č. 5 – průzkum úrovně údržby.....	44
Obr. 3.6	Otázka č. 6 – průzkum úrovně údržby.....	45
Obr. 3.7	Otázka č. 7 – průzkum úrovně údržby.....	45
Obr. 3.8	Závěr – průzkum úrovně údržby .....	46
Obr. 3.9	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 1 .....	47
Obr. 3.10	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 2.....	48
Obr. 3.11	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 3.....	49
Obr. 3.12	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 4.....	50
Obr. 3.13	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 5.....	51
Obr. 3.14	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 6.....	52
Obr. 3.15	Průzkum 2011 vyhodnocení otázka č. 7.....	53
Obr. 3.16	Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 4.....	55
Obr. 3.17	Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 5.....	56
Obr. 3.18	Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 6.....	57
Obr. 3.19	Průzkum 2009 vyhodnocení otázka č. 7.....	58

Obr. 3.20	Platforma TPM .....	59
Obr. 3.21	Uvítací obrazovka „POSTUPY“ .....	63
Obr. 3.22	Uvítací obrazovka „NORMATIVY“ .....	64
Obr. 3.23	Menu „SOUBOR“ .....	65
Obr. 3.24	Menu „UŽIVATEL“ .....	66
Obr. 3.25	Menu „SOUBOR“ záložka „Nový normativ“ .....	67
Obr. 3.26	Menu „SOUBOR“ záložka „Nový postup“ .....	68
Obr. 3.27	Export postupu do pdf [3], upraveno autorem.....	69
Obr. 3.28	Časová náročnost MTM – Methods Time Measurement .....	73
Obr. 3.29	Časová náročnost MOST (Maynard Operation Sequence Technigue) .....	76
Obr. 3.30	Časová náročnost SNPP (Soustava normativů projektování práce ).....	81
Obr. 3.31	Porovnání metod MTM a MOST [16].....	82
Obr. 3.32	Porovnání metod stanovení spotřeby času pro střední úroveň .....	83
Obr. 3.33	Porovnání metod stanovení spotřeby času pro druhou úroveň.....	85
Obr. 3.34	Spotřeba času při využití software NORMATIVY 2011 .....	86
Obr. 3.35	Celkové srovnání metod pohybových normativů .....	86
Obr. 3.36	Převodovka rozbor TPM .....	88
Obr. 3.37	Rozbor TPM generátor ozubení .....	89
Obr. 3.38	Sestava pneumatického válce .....	91
Obr. 3.39	Efektivita tvorby výkresové dokumentace .....	92
Obr. 3.40	Celková efektivita zařízení .....	96
Obr. 3.41	Seznam normativů .....	98
Obr. 3.42	Normativ čištění .....	98
Obr. 3.43	Přehled postupů .....	99
Obr. 3.44	Editace postupu.....	100
Obr. 3.45	Dokument normativu .....	101
Obr. 3.46	Export postupu.....	102

Obr. 3.47	Řídící jednotka SIMATIC [19].....	102
Obr. 3.48	Zapojený Dataloger .....	103
Obr. 3.49	Příklady výstupních signálů z datalogeru .....	104
Obr. 3.50	Karta informačního systému [10] .....	105
Obr. 3.51	Tlumící zařízení .....	106
Obr. 3.52	Typy moderních pneumatických válců [19].....	106
Obr. 3.53	Náhled výstupů výsledků softwaru MINITAB .....	107
Obr. 3.54	Příklad měření teploty .....	108
Obr. 3.55	Náklady před a po zavedení totálně produktivní údržby .....	109
Obr. I.1	Průběh rytmů pracoviště.....	123
Obr. I.2	Průběh taktů pracoviště .....	123
Obr. I.3	Výkonová křivka vrtání detail .....	124
Obr. I.4	Výkonová křivka vrtání.....	125
Obr. I.5	Průběh taktu pracoviště .....	126
Obr. I.6	Schematický náskres svařovaného polotovaru .....	131
Obr. I.7	Dokumentace úpravy svarových ploch .....	132
Obr. I.8	Dokumentace vytvořeného svaru a strusky.....	132
Obr. I.9	Průběh svařování .....	134
Obr. I.10	Průběh svařování + rozbor .....	135
Obr. I.11	Příklad výsledků naměřených hodnot .....	137
Obr. I.12	Srovnání naměřených výsledků .....	137
Obr. I.13	Průběh měření – zvýraznění nízkých frekvencí .....	138
Obr. I.14	Průběh měření – zvýraznění vysokých frekvencí .....	138
Obr. I.15	Zvětšený 1 ráz .....	139

## 9 Seznam tabulek

Tab. 1.1	Stupně údržby [14].....	8
Tab. 2.1	Omyly a vysvětlení totálně produktivní údržby [15].....	35
Tab. 3.1	Pohyby MTM1 [16] .....	71
Tab. 3.2	Pohyby MTM1 [16] .....	72
Tab. 3.3	Sled činností MOST [16] .....	74
Tab. 3.4	Hodnoty prvku sáhnout [18] .....	79
Tab. 3.5	Specifikace koeficientu zatížení [18].....	79
Tab. 3.6	Příklad čistícího a mazacího plánu.....	97
Tab. I.1	Příklad funkčních závislostí naměřených hodnot.....	122
Tab. I.2	Příklad funkčních závislostí naměřených hodnot.....	127
Tab. I.3	Příklad naměřených hodnot a vyhodnocování měření.....	127
Tab. I.4	Výpis z programu – snímek pracovního dne .....	128
Tab. I.5	Příklad výpisu pozorovacího listu .....	129
Tab. I.6	Vlastnosti svarového kovu.....	130
Tab. I.7	Volba průměru elektrody .....	131
Tab. I.8	Příklad funkčních závislostí naměřených hodnot.....	134
Tab. I.9	Porovnání naměřených hodnot s normou .....	135

## 10 Přílohy

### I. Příloha příklady a aplikace digitálního sledování výroby a nasazení v oblasti TPM

#### Aplikace systému na vrtačce

Při testování v praxi byl použit vrták průměru 8 mm jakosti HSS. Bylo vrtáno do plného materiálu (pásoviny) z materiálu S235JRG1 – ČSN 11343 tloušťky 8 mm. Do vrtaného polotovaru byly vrtány 4 otvory. Na měření bylo použito 5 polotovarů. Pro názornost je určen takt pracoviště (interval vyvrtání jednoho otvoru) a rytmus výroby je cyklus dokončení jednoho polotovaru (tedy vyvrtání čtyř otvorů).

Senzor zaznamenává v čase okamžitý výkon vrtačky. Z tohoto údaje jsem schopen zjistit:

- takt pracoviště,
- rytmus výroby,
- poruchu vrtačky,
- čas podmínečně nutných přestávek – tedy čas vyplývající z organizace práce,
- zachycení nepravidelnosti ve výrobě,
- čas vrtání,
- zlomení vrtáku,
- kompletní průběh vrtání v našem případě rozdělený do několika fází,
- otupení vrtáku,
- trvanlivost vrtáku,
- trvanlivost vrtačky,
- dobu zatížení,
- dobu odlehčení,
- dobu doběhu,
- špatné naostření,
- detekuje technicko – organizační nedostatky.

## Výsledky měření

Naměřené hodnoty byly analyzovány programem, který jsem vytvořil pro specifické měření vrtání. Program je univerzální a je schopen analyzovat výkonovou křivku dle nejrůznějších potřeb. Tabulky funkčních závislostí i v dalších příkladech budou popisovány. Hodnoty, které jsem nepopisoval slouží pro řídicí systém. V tabulce jsou uvedeny pouze informace ve zjednodušené formě, z tohoto důvodu, jelikož při analýze by tyto nadbytečné informace mohly zpomalovat výpočet.

### Popis hodnot:

Proměnná *mez1* představuje rozmezí výkonu, kdy je vrtačka zapnutá – 00:08:09 h:m:s, četnost 5 představuje rytmus výroby, takt určuje v tomto případě v těchto mezích rytmus výroby, který je 00:02:12.

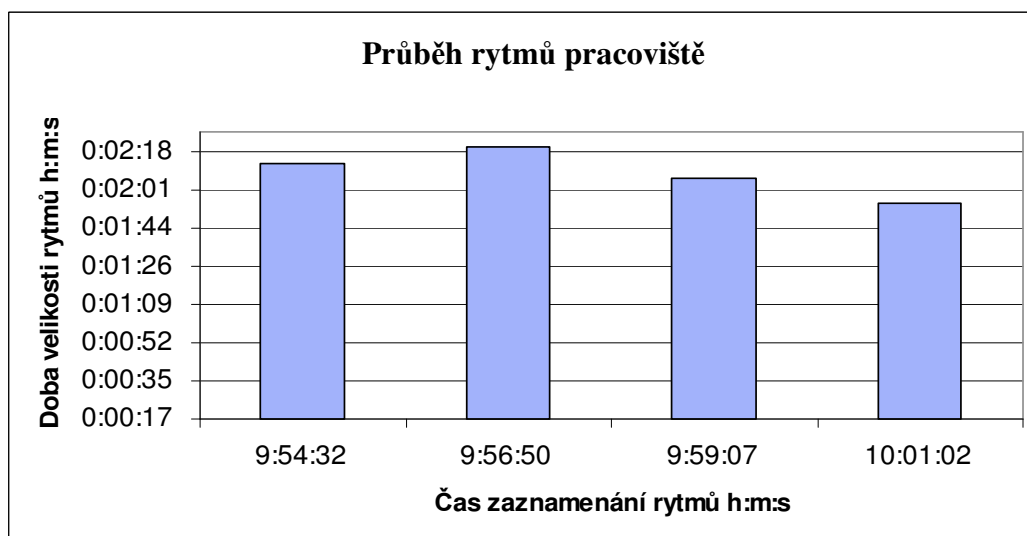
*Mez2* je nastavena na výkon 431W až 550W. Jde o mez, která se vyskytuje při dokončování vrtání. Jde o hodnotu 20 děr. Maximální výkon byl po dobu měření 0:00:51 h:m:s. Takt vyvrtání díry je 00:00:24 h:m:s. Toto lze vypočítat jako doba celková suma zapnuté vrtačky podělená četností 20.

Další meze ve výpočtu mohou sloužit jako hodnoty pro výpočet životnosti vrtačky, vrtáku, výrobu, controlling atd.. Například u *meze3* zjišťuji náběhy, rozběhy vrtačky a dobu bez zátěže.

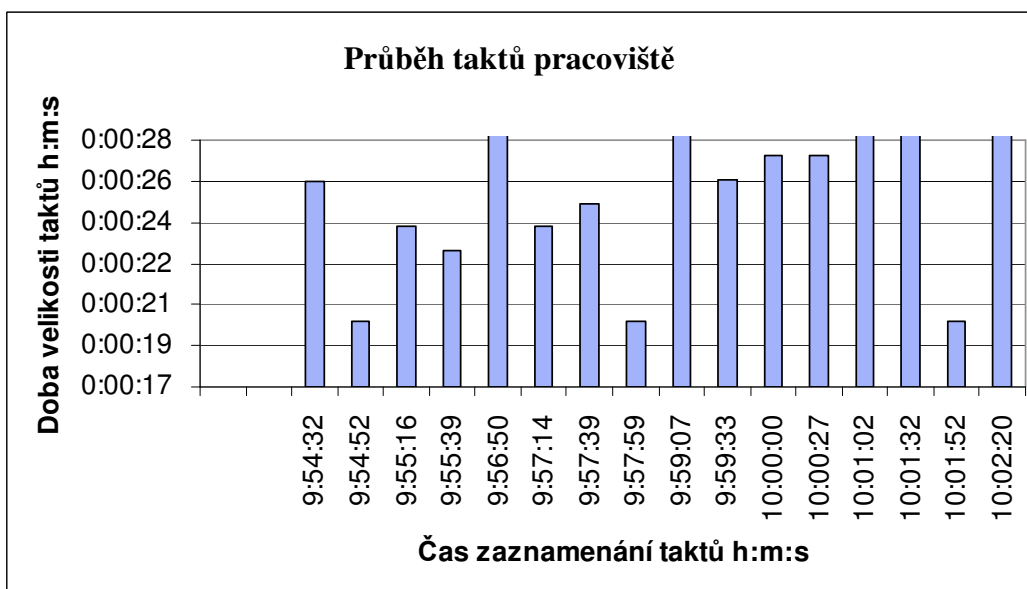
*Mez4* určuje efektivní zatížení vrtačky. Jelikož se jedná o výčet algoritmů z programu, nejsou zde uvedeny jednotky. Jednotky jednotlivých polí jsou následující „Meze od do“ jsou [W] a „Suma zapnuto a takt“ [h:min:sek].

Tab. I.1 Příklad funkčních závislostí naměřených hodnot

Proměnná	Mez od	Mez do	Suma zapnuto	Četnost	Takt
mez1	0	600	0:08:09	5	0:02:12
mez2	431	550	0:00:51	20	0:00:24
mez3	0	320	0:01:53	72	0:00:09
mez4	320	431	0:05:24	185	0:00:04

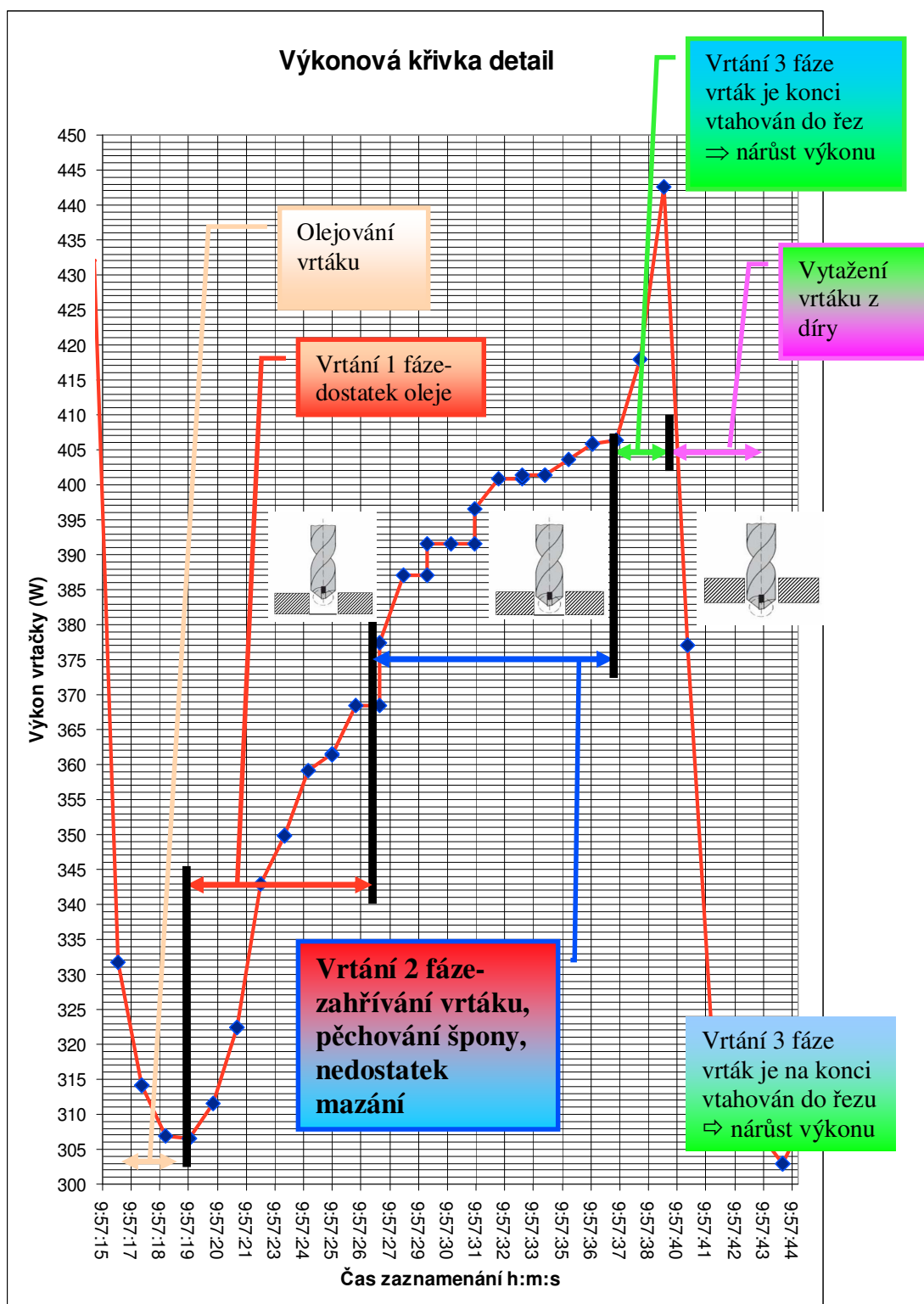


Obr. I.1 Průběh rytmů pracoviště



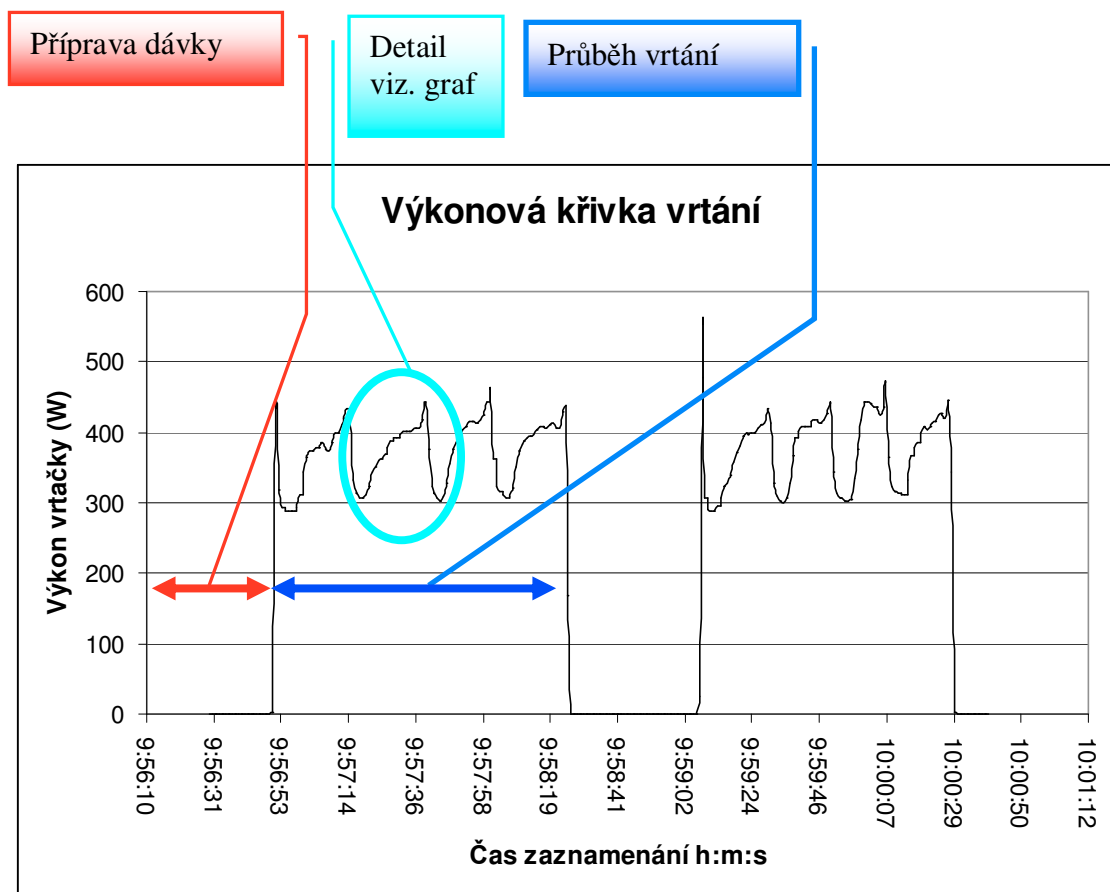
Obr. I.2 Průběh taktů pracoviště

Názorně ukazují, jak lze jednoduše z křivky výkonu vyčíst nesčetné množství důležitých informací.



Obr. I.3 Výkonová křivka vrtání detail





Obr. I.4 Výkonová křivka vrtání

## Aplikace systému na synchronizované výrobní lince

Systém byl zkoušen na synchronizované lince pro sestavování počítačů. Jde o montážní linku, která čítá 44 pracovišť. Pro experiment bylo vybráno montážní pracoviště, které provádí zapojení zdroje počítače a montáž lišty zvukové karty. Předmětem zkoumání bylo měření skutečného taktu pracoviště. Pracoviště bylo opatřeno speciálním senzorem měření výkonu, jenž byl předřadně umístěn před zdroj utahovacího šroubováku. Na montážním pracovišti se dotahují 2 šrouby. Senzor zaznamenává v čase okamžitý výkon vrtačky.

Tyto údaje mi přesně řeknou důležité informace zejména:

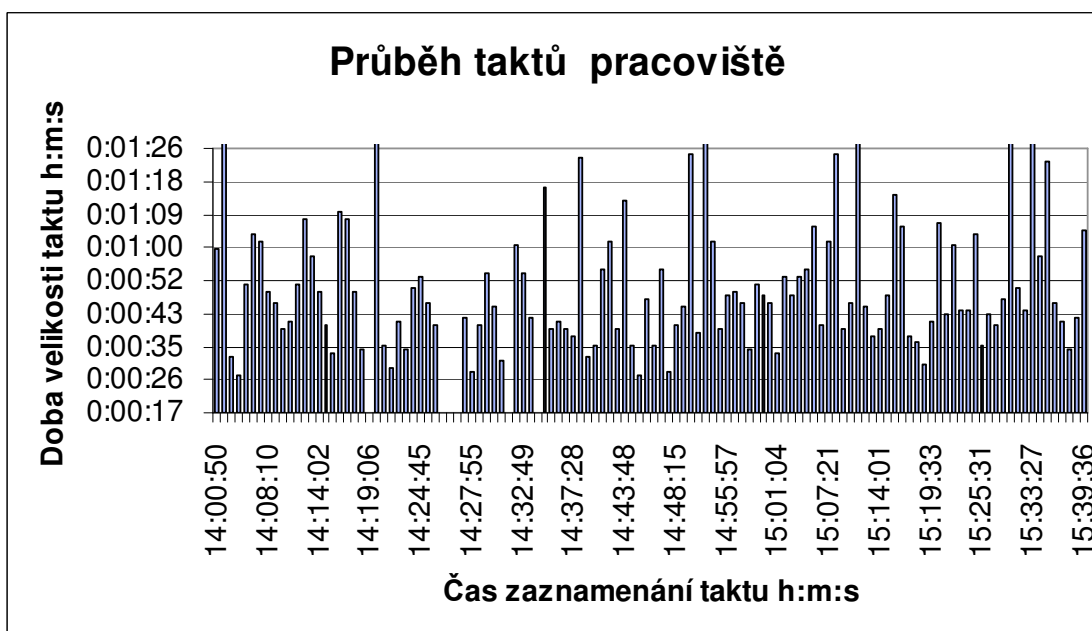
- takt pracoviště,
- rytmus výroby,
- jak je šroubek namontován, jestli dobře dotáhnout – senzor rozlišuje utáhnutí správným momentem, nedotažení šroubku, strhnutí závitu, zadření šroubu,
- čas podmienečně nutných přestávek – tedy čas vyplývající z organizace práce,
- zachycuje nepravidelnosti ve výrobě,

- odhaluje chyby v montáži,
- zachycuje dobu montáže krytu,
- detekuje technicko – organizační nedostatky.

Měřením těchto činitelů výroby jsem schopen analyzovat a následně odhalit úzká místa na lince a doporučit opatření pro synchronizaci výrobních operací a konstatovat, že linka je synchronizovaná.

## Výsledky měření

Aktuální takt pracoviště je důležitým ukazatelem výrobnosti. Znalost této hodnoty významně ovlivňuje plánovací a kontrolní mechanismy řízení. Viz aktuální tabulka průběhu taktu ve směně.



Obr. I.5 Průběh taktu pracoviště

Tabulka funkčních závislostí nám ukazuje odfiltrované hodnoty a spuštěné datové filtry, které se řídí modelovými funkčními průběhy náběhových a průběhových křivek. Modelové křivky jsou tvořeny charakteristickými představiteli, například: Modelová výkonová křivka šroubování šroubku M2 x 10 do příslušné součásti má určitý výkonový a časový průběh. Tato křivka tvoří příslušný standart s dovoleným rozptylem. Program

pozná výkonovou charakteristiku a přiřadí ji do určité skupiny, kde se zaznamenává její četnost. Například: takt pracoviště se sestavuje ze dvou výkonových křivek, jedné náběhové křivky, která určuje, že došlo k zašroubování dvou šroubů.

V tabulce nám Mez1 ukazuje, jak dlouho pracoval utahovací šroubovák za směnu 00:06:11 h:m:s. Četnost nám říká, kolik bylo provedeno taktu za směnu a takt nám říká, jaká je doba taktu 00:00:51 h:m:s. Mez2 v četnosti ukazuje 3 stržené závity. Mez3 v četnosti ukazuje 14 nedotažených šroubů. Jelikož se jedná o výčet algoritmů z programu, nejsou zde uvedeny jednotky. Jednotky jednotlivých polí jsou následující „Meze od do“ jsou [W] a „Suma zapnuto a takt“ [h:min:sek].

Tab. I.2 Příklad funkčních závislostí naměřených hodnot

Proměnná	Mez od	Mez do	Suma zapnuto	Četnost	Takt
mez1	0	100	0:06:11	122	0:00:51
mez2	41	100	0:00:04	3	0:34:36
mez3	18	20	0:00:17	14	0:07:25
mez4	0	4,5	0:00:35	32	0:03:15

Tabulka příkladů naměřených hodnot je rozčleněna podle různých kritérií a je takřka u každého měření jiná. Každé měření vyžaduje specifický přístup a specifikované výstupy.

Tab. I.3 Příklad naměřených hodnot a vyhodnocování měření

Čas měření	Naměřená hodnota	Trvání	do	od	suma	četnost	253	zapnutí s pauzou	122	doba taktu
					0:06:11					
13:58:16	0,00				suma 1	zaokrouhlení	četnost			
13:58:16	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0			0:00:00
13:58:17	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0			0:00:00
13:58:18	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0			0:00:00
13:58:18	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0			0:00:00
13:58:19	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:20	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:21	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:21	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:22	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:23	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:23	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:24	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:25	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:25	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:26	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:27	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:27	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:28	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:29	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:29	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:30	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:31	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:32	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:32	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:33	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	0,00	0,00	0:00:00
13:58:34	23,80	0:00:01	0:00:01	0:00:01	0:00:01	1	1	1,00	1,00	13:58:34
13:58:34	42,70	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	1,00	1,00	0:00:00
13:58:35	42,70	0:00:01	0:00:01	0:00:01	0:00:01	1	1	2,00	1,00	0:00:00
13:58:36	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	2,00	1,00	0:00:00
13:58:36	23,50	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	2,00	1,00	0:00:00
13:58:37	23,50	0:00:01	0:00:01	0:00:01	0:00:01	1	1	2,00	1,00	0:00:00
13:58:38	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	2,00	1,00	0:00:00
13:58:38	0,00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0	0	1,00	1,00	0:00:00
13:58:39	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	1,00	1,00	0:00:00
13:58:40	0,00	0:00:01	0:00:01	0:00:00	0:00:00	0	0	1,00	1,00	0:00:00

Vyhodnocení snímku pracovního dne probíhá již plně automaticky z naměřených hodnot.

Tab. I.4 Výpis z programu – snímek pracovního dne

závod	Test 1	UKAZATELE VYUŽITÍ ČASU SMĚNY				číslo krycího listu	1
provoz	Linka					číslo snímku	1
dílňa	HP	datum	23.4	den týdne	1	směna	ranní
BILANCE SKUTEČNÉ SPOTŘEBY ČASU:							
Druh času	Symbol času	Minuty	% času směny				
Čas jednotkové práce	T A1	59	49,68%				
Čas dávkové práce	T B1	0	0,00%				
Čas směnové práce	T C1	0	0,00%				
Čas práce	T 1	59	49,68%				
Čas obecně nutných přestávek	T 2	0	0,00%				
Čas podm. nutných přestávek	T 3	45	37,69%				
Osobní ztráty času	T D	0	0,00%				
Technic.-organiz. ztráty času	T E	15	12,64%				
Čas směny	T	119	100,00%				
UKAZATELE VYUŽITÍ ČASU SMĚNY							
Stupeň zaměstnanosti		$U1 = (T'1 + T2) / T * 100$			49,68%		
Podíl podmíněně nutných přestávek		$U2 = T'3 / T * 100$			37,69%		
Podíl zbytečné spotřeby času způsobené pracovníkem		$U3 = (T'2 - T2 + T D) / T * 100$			0,00%		
Podíl zbytečné spotřeby času způsobené tech.-org.ztrátami		$U4 = T E / T * 100$			12,64%		
Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbyteč. spotřeby času, způsobeným pracovníkem		$U6 = (T'2 - T2 + T D) / (T - (T'2 - T2 + T D + T E)) * 100$			0,00%		
Procento možného zvýšení produktivity práce odstraněním zbyteč. spotřeby času, způsobené tech.-org. nedostatků		$U7 = T E / ((T - (T'2 - T2 + T D + T E)) * 100)$			11,22%		
Možné procento zvýšení produktivity práce odstraněním podmíněně nutných přestávek (synchronizováním linky)		U8=U2			37,69%		
pozn.: ' (čárka) u symbolu času znamená skutečnou spotřebu času							
UKAZATELE VYUŽITÍ SMĚNY							

Ukázka pozorovacího listu, který je možno doplňovat ručně a zároveň automaticky dle programu. Pozorovací list automaticky rozpoznává časy včetně ručně napsaných časů a začleňuje je do příslušných skupin ukazatelů využití časů.

Tab. I.5 Příklad výpisu pozorovacího listu

závod				POZOROVACÍ LIST				číslo krycího listu		1
provoz				PRO SNÍMEK PRACOVNÍHO DNE A SNÍMEK PRŮBĚHU PRÁCE				číslo snímku		1
dílka		-		začátek pozorování	06:00:00	stáří pracovníka	21	zapracován na práci		
datum		19.5.2006		konec pozorování	11:30	osobní číslo pracovníka		snímek provedl	Dresler	
den týdne		Pátek								
směna		ranní								
poř. čís.	čas		symbol	jméno pracovníka	Ryšánek	kvalifikační třída		snímek vyhotovil	Dresler	
	postup hh:mm	jednot. hh:mm	časů	název spotřeby času				poznámka		
1	6:00			Začátek směny						
2	6:01	0:01	t <sub>C1</sub>	Zapnutí řídicího panelu						
3	6:03	0:02	t <sub>B1</sub>	Rozhovor s mistrem						
4	6:06	0:03	t <sub>B1</sub>	Nahrávání programu						
5	6:07	0:01	t <sub>B1</sub>	Kalibrace čidla						
6	6:09	0:02	t <sub>B1</sub>	Zaměření						
7	6:10	0:01	t <sub>A1</sub>	Příprava						
8	6:23	0:13	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
9	6:24	0:01	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
10	6:25	0:01	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
11	6:26	0:01	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
12	6:28	0:02	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
13	6:36	0:08	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
14	7:16	0:40	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
15	7:30	0:14	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
16	8:16	0:46	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
17	8:17	0:01	t <sub>B1</sub>	Zaznamenávání odvedené práce do TP						
18	8:25	0:08	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
19	8:33	0:08	t <sub>E</sub>	Čekání na technologické postupy						
20	8:36	0:03	t <sub>B1</sub>	Rozhovor s mistrem						
21	8:38	0:02	t <sub>B1</sub>	Nahrávání programu						
22	8:39	0:01	t <sub>B1</sub>	Kalibrace						
23	8:40	0:01	t <sub>B1</sub>	Zaměření						
24	8:50	0:10	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
25	8:53	0:03	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
26	9:05	0:12	t <sub>C2</sub>	Přestávka na svačinu						
27	9:11	0:06	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
28	9:15	0:04	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
29	9:23	0:08	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
30	9:27	0:04	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
31	9:33	0:06	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
32	9:48	0:15	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
33	9:53	0:05	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
34	9:56	0:03	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
35	10:16	0:20	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
36	10:17	0:01	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
37	10:18	0:01	t <sub>B1</sub>	Přejezd						
38	10:19	0:01	t <sub>B1</sub>	Kalibrace						
39	10:23	0:04	t <sub>B1</sub>	Zaměření						
40	10:28	0:05	t <sub>A1</sub>	Vypalování plechu - součást 1 FUU0028						
41	10:36	0:08	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
42	11:10	0:34	t <sub>A1</sub>	Dotažení						
43	11:30	0:20	t <sub>A3</sub>	Čekání na ukončení automatického chodu stroje						
44	11:50	0:20	t <sub>C2</sub>	Přestávka na oběd						
Poznámky:										

### Aplikace systému na svářečském pracovišti

Předmětem testování bylo svařování polotovaru ze dvou pásovin tloušťky 8 mm materiálu S235JRG1 – ČSN 11343. Byla použita metoda obloukového svařování (metoda 111) . Byly kladeny 3 vrstvy (svarové housenky).

Technické parametry svařování

Typ elektrody: E – R117

Označení: SMAW

Obal: rutilový

Specifikace použití:

Nejpoužívanější rutilová elektroda pro svařování běžných nelegovaných konstrukčních ocelí pevnosti cca do 480 MPa. Je velmi vhodná pro stehování a pro svařování tenkých plechů.

Oblast použití proudu a napětí: DC( – ), AC OCV 50 V

Vlastnosti svarového kovu:

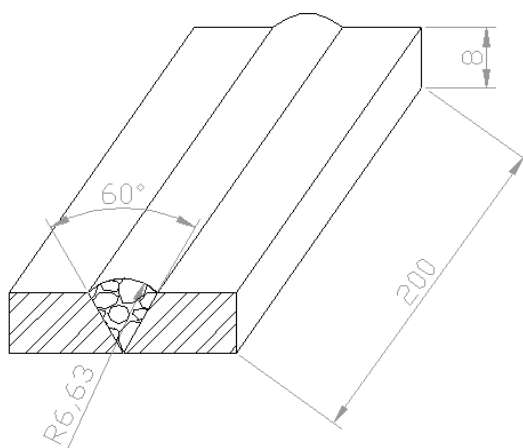
Tab. I.6 Vlastnosti svarového kovu

Klasifikace	Schválení	Typické chemické složení čistého svarového kovu		Typické mechanické vlastnosti čistého svarového kovu				
<u>SFA/AWS A5.1</u>	CE EN 13479	C	0,06	<u>Teplota přesušení, °C</u> 100-120				
E6013		Mn	0,4	<u>Doba přesušení, h</u> 1				
<u>EN ISO 2560-A</u>		Si	0,2	<u>Mez kluzu, MPa</u> 410				
E 35 A R 11		P	0,035	<u>Pevnost, MPa</u> 490				
		S	0,030	<u>Tažnost, A4 %</u> 24				
				<u>Tažnost, A5 %</u> 24				
				<u>Zkouška vrubové houževnatosti, V-vrub</u>				
				<table><tr><td>Zkušební teplota, °C</td><td>Nárazová práce, J</td></tr><tr><td>+20</td><td>60</td></tr></table>	Zkušební teplota, °C	Nárazová práce, J	+20	60
Zkušební teplota, °C	Nárazová práce, J							
+20	60							

Volba průměru elektrody:

Tab. I.7 Volba průměru elektrody

<b>Průměr, mm</b>	<b>3,2</b>
Délka, mm	350
Napětí na oblouku, V	19,1
Svařovací proud, A	80-120
Množství svar. kovu kg/kg elektrod	0,61
Počet elektrod/kg svarového kovu	57
Výkon navaření kg svar. kovu/hod hoření oblouku	1,4
T - doba hoření elektrody, s	44



Obr. I.6 Schematický náčrt svařovaného polotovaru



Obr. I.7 Dokumentace úpravy svarových ploch



Obr. I.8 Dokumentace vytvořeného svaru a strusky

## Výpočet parametrů dle výrobce

Objem polotovaru vypočten z Autocadu dle výkresu. Jinak je možno tuto hodnotu vypočítat jako objem svarového kovu ve svarovém klínu plus převýšení svaru (vrchlík – kruhová výseč).



$$V = 0,00000739 \text{ m}^3$$

Hmotnost svarového kovu:

$$m = \rho \cdot V = 7870 \cdot 0,00000739 = 0,05815 \text{ kg}$$

Počet elektrod:

$$i = \text{pocet elektrod na } 1 \text{ kg} \cdot m = 3,314 \text{ elektrody}$$

Čas čistého svařování:

$$T = m \cdot \text{výkon natavení čistého svarového kovu v kg} = 0,05815 \cdot 1,4 = 4 : 52 \text{ min} : s$$

Hodnoty pro porovnání:

Doba svařování (hoření) 1 elektrody:

$$T1 = \frac{\text{Čas čistého svarování}}{\text{Pocet elektrod}} = 88s$$

Čas svaření useku dlouhého 200mm:

$$T2 = \frac{\text{Čas čistého svarování}}{\text{pocet housenek (3)}} = 97s$$

Rychlost svařování:

$$v = \frac{\text{Celková délka housenek (0,6m)}}{\text{Čas čistého svarování}} = 0,123 \text{ m/min}$$

Dodaný výkon:

$$P = U \cdot I \cdot T = 19,1 \cdot 100 \cdot 4 : 52 = 155,49 \text{ W/h} = 557720 \text{ W} - \text{dodaných watů, neboli čistý svařovací výkon } 1910 \text{ W.}$$

### Naměřené hodnoty

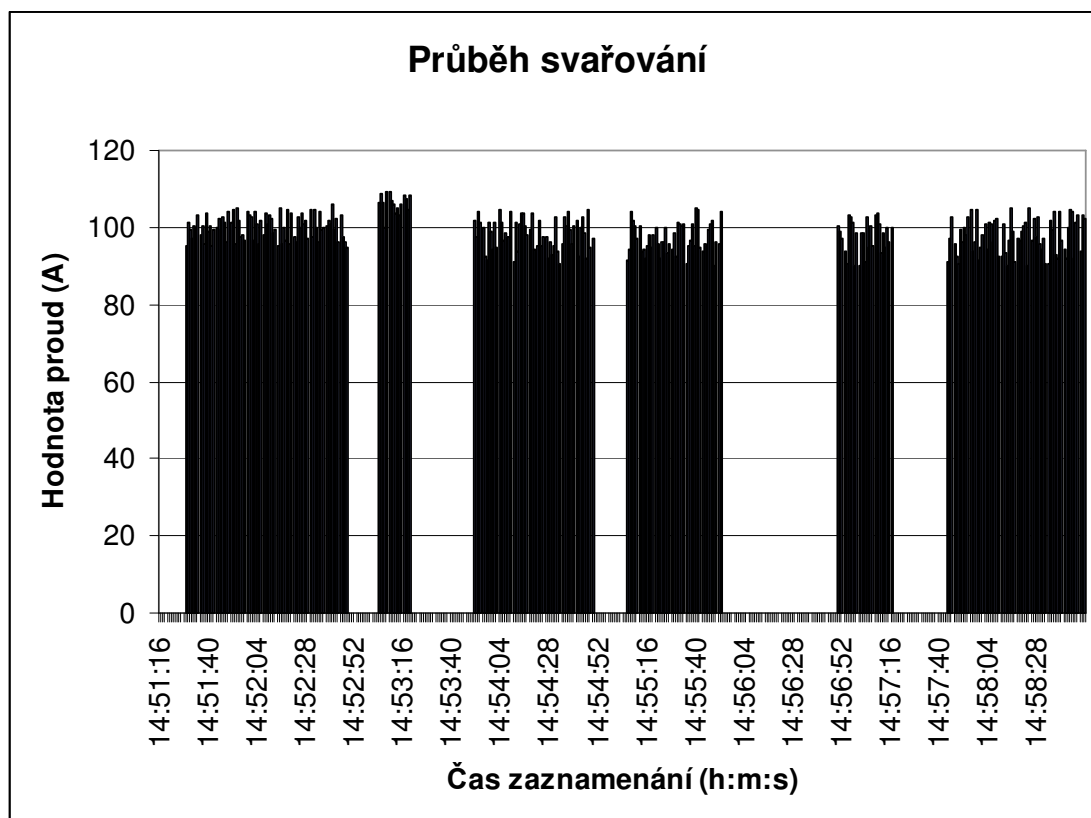
V tabulce mez1 určuje dobu čistého svařování 0:4:57. h:m:s. Mez2 zaznamenává dobu, po kterou byl svařovací oblouk ve stanovených mezích. Mez3 zaznamenává dobu, po kterou byla elektroda blíže k základnímu materiálu než je normovaná mez (00:00:28 h:m:s) a mez4 je doba, po kterou byla elektroda vzdálená (00:00:12 h:m:s). Celková doba svařování je 00:07:35 h:m:s. Doba nečinnosti svářečky je 00:02:38 h:m:s.

Tab. I.8 Příklad funkčních závislostí naměřených hodnot

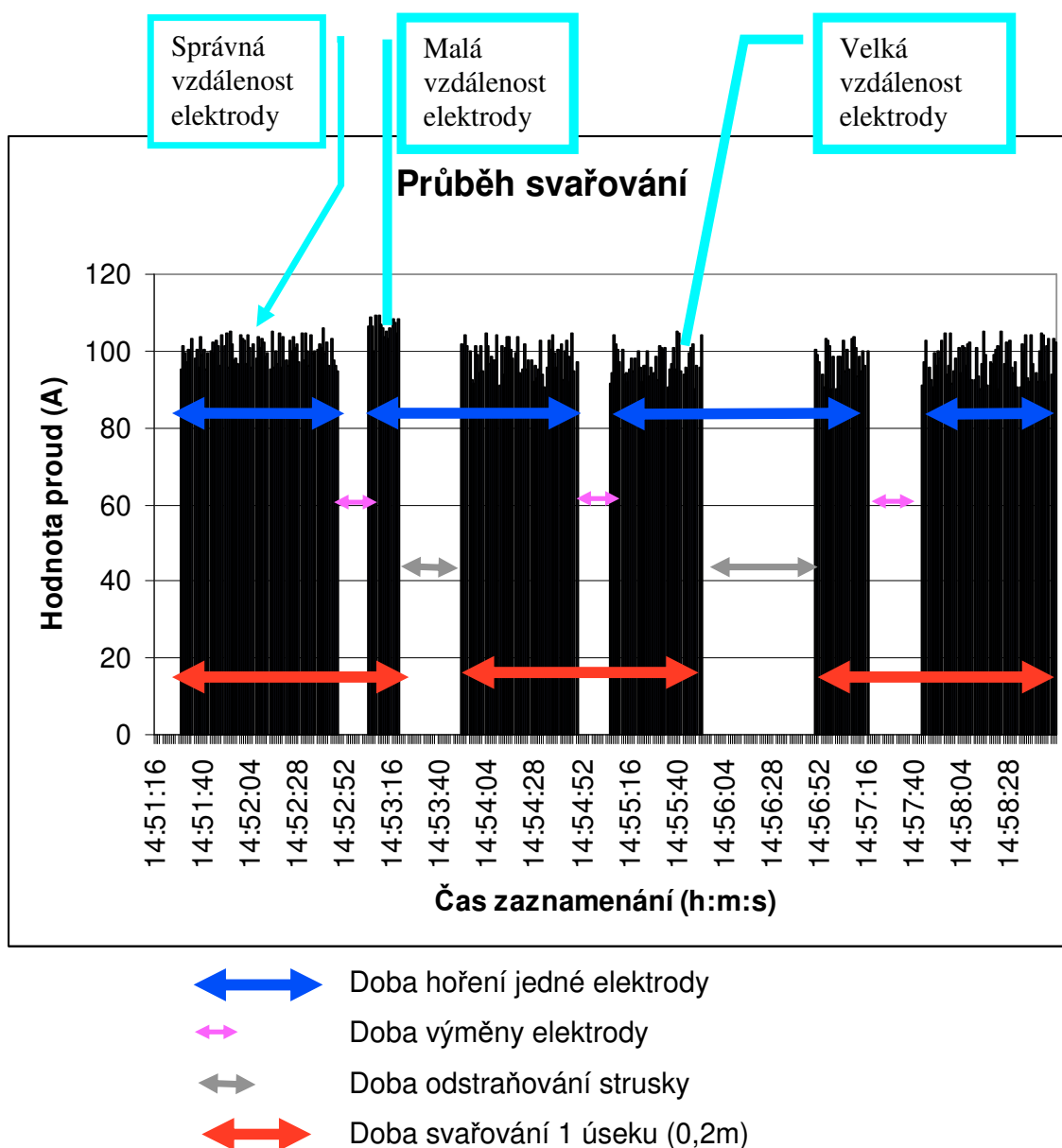
proměná	Mez od	Mez do	suma zapnuto	četnost	takt
mez1	0	120	0:04:57	6	0:01:16
mez2	92	105	0:04:17	31	0:00:15
mez3	86	92	0:00:28	21	0:00:22
mez4	105	130	0:00:12	8	0:00:57

Doba svařování 0:07:35

Doba nečinnosti svářečky 0:02:38



Obr. I.9 Průběh svařování



Obr. I.10 Průběh svařování + rozbor

Tab. I.9 Porovnání naměřených hodnot s normou

	Norma	Skutečnost odečteno z grafu
Hoření jedné elektrody	88s	85s, 81s, 86s
Čas svaření useku dlouhého 200mm	97s	96s, 106s, 95s
Dodaný výkon	557720W	558726,35W
Doba čistého svařování	4:52 m:s	4:57 m:s
Příprava před svařováním	-	2:38 m:s

## Aplikace systému v oblasti TPM

Systém byl zkoušen na různých zařízeních. Bylo především provedeno měření oteplení převodovek, motorů a jiných funkčních částí. Pomocí různých senzorů lze zabezpečit plnou kontrolu nad zařízením a vždy v předstihu podniknout taková opatření, aby nedošlo vlivem poruchy k zastavení stroje.

Součástí měření bylo také měření vibrací. Bohužel všechna vibrační čidla nebyla schopna zaregistrovat a plně sledovat opotřebení strojních součástí v takové míře, aby bylo možno určit s velkou pravděpodobností míru jejich opotřebení. Vibrační čidla jsou schopna zaznamenat vibrace na stroji, ale protože jde o tuhou konstrukci, senzory vykazují v určitých konstrukčních pevně spojených celcích vibrace přibližně stejné hodnoty.

Zjednodušené popsání funkce senzorů :

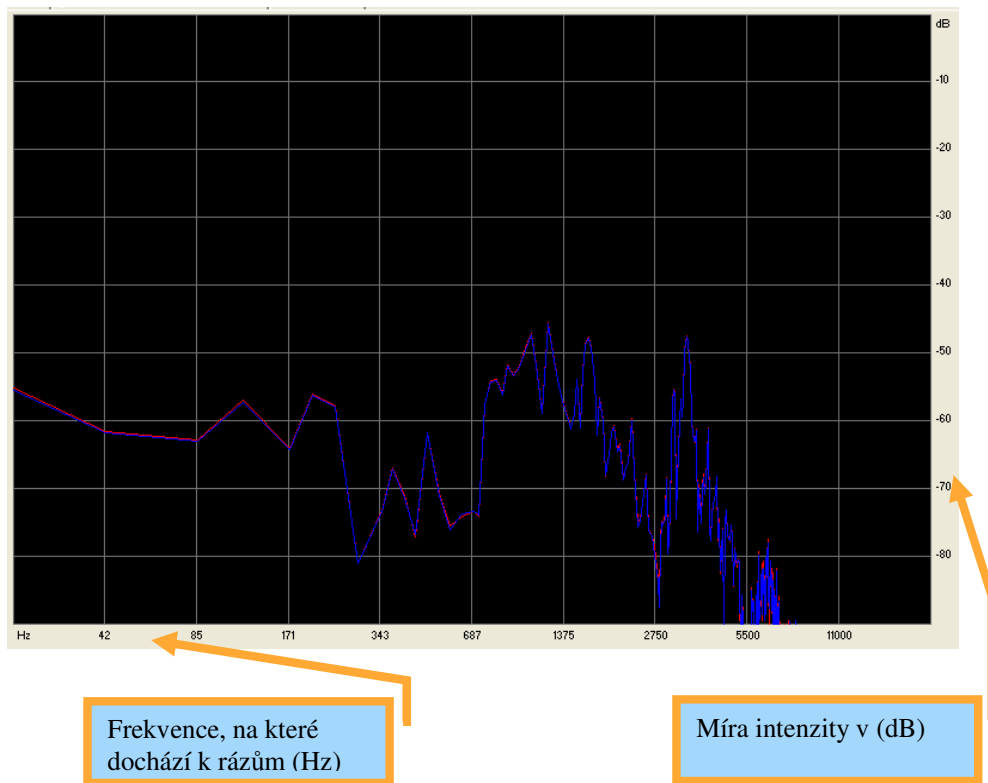
Senzor zaznamenává zvuk, který vydává pozorované těleso. Senzor pracuje na principu stlačování uhlíkových zrn – jestliže stlačíme uhlíkové zrno změní svůj odpor. Stlačující silou jsou v našem případě frekvenční změny (akustický signál) . Počítač tento zvuk zaznamenává a vyhodnocuje. Frekvenční rozsah zvuku je prakticky od 0 Hz až po limitní hodnoty procesorů – řádově 10 000 000 Hz. Jestliže chceme zjistit například opotřebení ložiska (vůle, zadíráání, klepání) – je možno pomocí experimentu určit jednotlivé frekvence z počítače. Kupříkladu poškození ložiska vlivem místního poškození (nečistoty – špona) se projevuje na 85 Hz a zvýšením hluku o 20 dB – u měřeného konkrétního ložiska.

### **Technické vyřešení problematiky senzorů:**

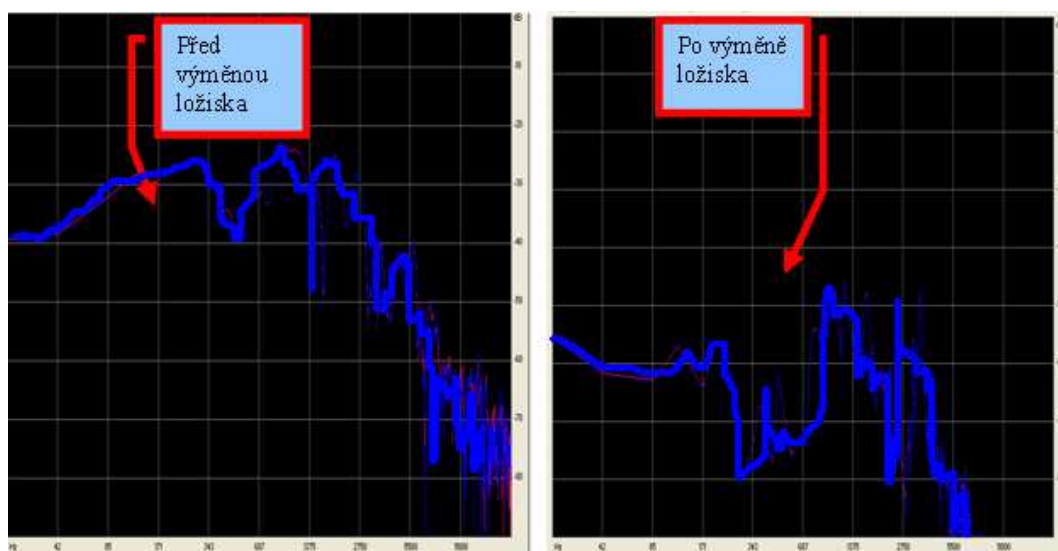
Senzory snímají frekvenční budící změny zdroje (frekvenční charakteristiky). K transformování tohoto signálu do počítače používám (AD převodník a speciální procesory DSP), které umožňují provádět velmi složité procedury s prakticky libovolným signálem. DSP procesor se od klasických procesorů v počítači liší tím, že je úzce specializovaný na přenášení dat v reálném čase a jeho rychlost je ve srovnání s klasickým procesorem nesrovnatelně daleko vyšší. Výstupní signál z AD převodníku převádím na harmonický signál pomocí Fourierovy řady. Optimalizovaný výpočet provádím pomocí algoritmu FFT (Fast Fourier Transform). Záměrně algoritmus DFT ( Diskrétní furierova transformace) nepoužívám, protože ten je u příkladu vzorkovací frekvence  $N = 1024 \text{ Hz}$  200 x pomalejší.

Pro zobrazení frekvenční analýzy používám Hammingovo okno (hamming(N)) a průběh signálu v čase znázorňuji pomocí vzorkovací frekvence.

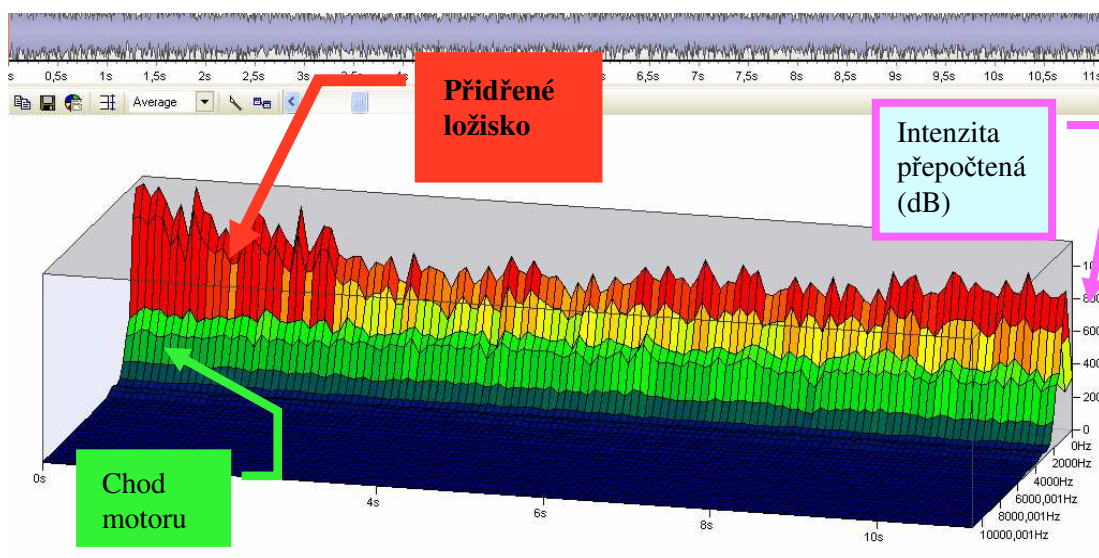
Měření vibrací elektromotoru se starým a novým ložiskem



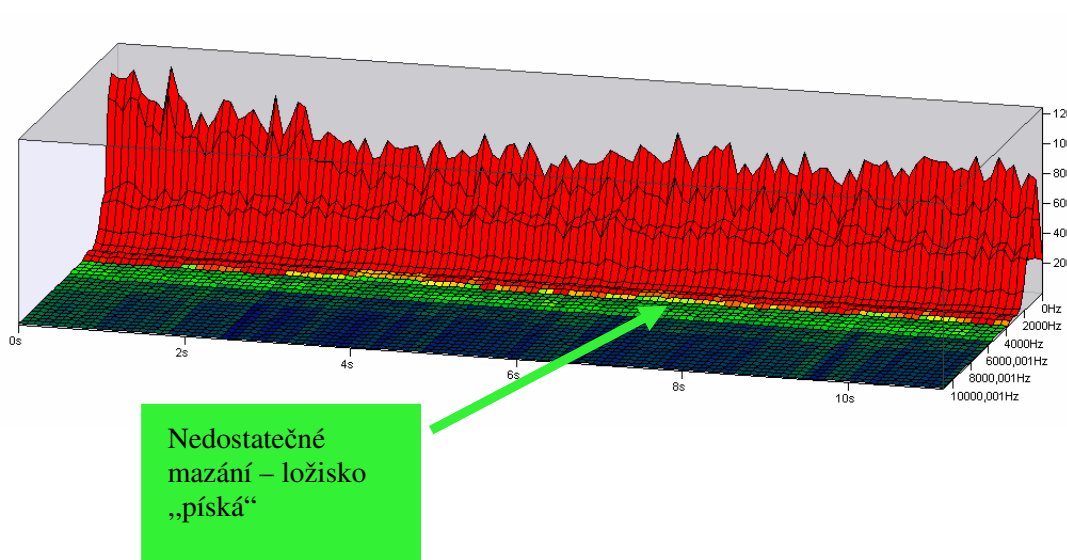
Obr. I.11 Příklad výsledků naměřených hodnot



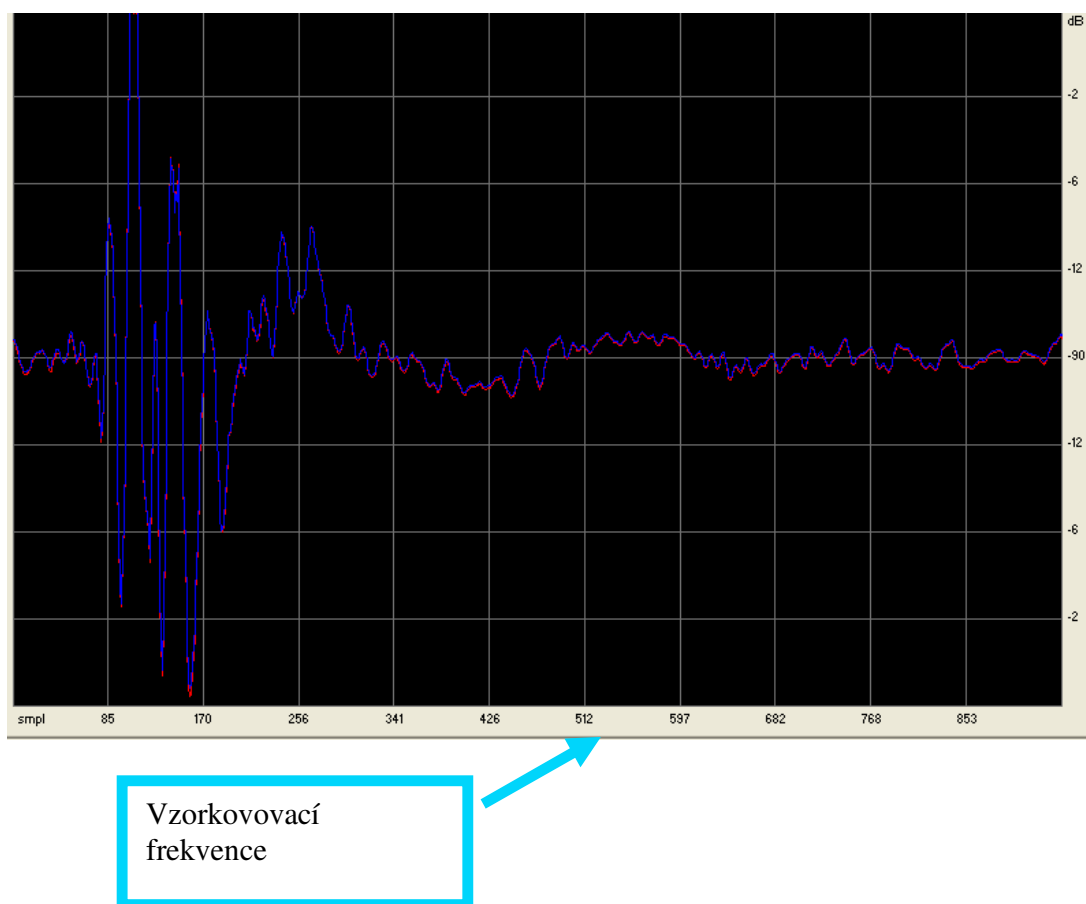
Obr. I.12 Srovnání naměřených výsledků



Obr. I.13 Průběh měření – zvýraznění nízkých frekvencí



Obr. I.14 Průběh měření – zvýraznění vysokých frekvencí



Obr. I.15 Zvětšený 1 ráz

## II. Summary

The results of the thesis "Research and development totally productive maintenance and practical application" provide the following conclusions:

- a) Methodology was introduced to "totally productive maintenance" (see 1.1) and (see 1.2), supplemented by two new blocks, ergonomics and administration (see fig. 1.2). Tools were introduced "lean production" (see 1.3). They were introduced to the basic reasons for the implementation of the "totally productive maintenance" (see Tab. 2.1).
- b) The first scientific contribution of the thesis is in the process survey. Survey was carried out the necessity of implementation of the "totally productive maintenance" (see 3.1). The overall conclusion suggests that companies implement a totally productive maintenance, but unfortunately, its level is considerably different (see fig. 3.11). The survey also shows that standardization is carried out maintenance work, but unfortunately without an objective time-consuming (see fig. 3.12).
- c) It was created sub practical goal dissertation software „NORMATIVY 2011“ (see 3.2), which allows the creation of standards for maintenance activities (see fig. 3.21) and (see fig. 3.22). The software also allows the creation of modular processes of already existing normative and allows them to assign drawings and files (see fig. 3.26).
- d) In the sub-goals were set methodology for determining the time consumption of operations (see 3.2). The second scientific contribution of the thesis is a comparison and determines the most effective methodology for the determination of work consumption in maintenance activities. The methodologies were compared to each other in terms of workload. The most effective method has become the method according to physical models (see fig. 3.33). Using the software „NORMATIVY 2011“ to standardize analytical achieves high efficiency comparable with the operating time (see fig. 3.34). Assumptions and results were then graphically displayed (see fig. 3.35).
- e) It was created by default 3D graphics standard supported software Solid Edge (see 3.4). When creating graphic standards can be used generators, machine parts (see fig. 3.37) and databases, machine parts (see fig. 3.38). With the help

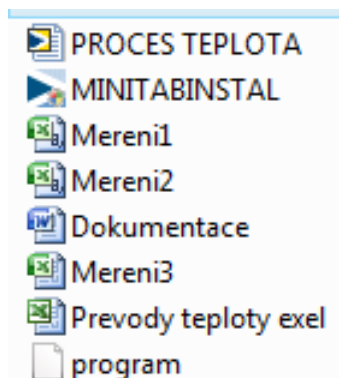


of generators and a database was created basic standard gearbox (see fig. 3.36). Effectiveness of drawings for maintenance operations is using these databases and generator high (see fig. 3.39). Detailed drawings, previews and visualization transmissions are part of the Annex (see annex III.).

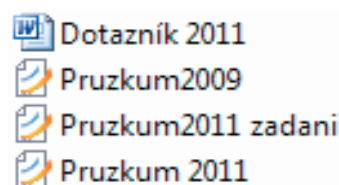
- f) The main objective of the thesis to develop a comprehensive support system for reducing downtime and losses in the lifecycle of fixed assets used in the manufacturing process was carried out through software, „NORMATIVY 2011“. The example (see 3.6) was performed using a software implementation, „NORMATIVY 2011“ with normative and motion using 3D graphic visual standard. It was an overall evaluation of the effectiveness of the device (see fig. 3.40), which ranged from about 60% implementation. It was compiled cleaning and lubrication schedule (see Table 3.6.) Supported software „NORMATIVY 2011“ (see fig. 3.41). Time-consuming operations was generated (see fig. 3.44) using motion formula (see fig. 3.42) and (see fig. 3.45). The third scientific contribution of the thesis is citing examples of predictive diagnostics. Were presented examples of diagnosis occurring in a wide field of automotive industry utilized for maintenance management and production (see annex I). The block was introduced planned maintenance system for predictive diagnostics using modern equipment headed SIMATIC (see fig. 3.47) and Data logging (see fig. 3.48). Datalogger has proven to create visualization of measured value (see fig. 3.49). To evaluate the measured data was used tool of lean Six Sigma, MINITAB software (see fig. 3.53) and (see fig. 3.54). Other examples of measurement applications using Data logging is included in Annex (see annex I). For maintenance management based on predictive diagnostics was introduced IFS ERP system that can output values based on the delegate rules (see fig. 3.50). Was carried out economic assessment of the implementation of the "totally productive maintenance" before and after the introduction of the "totally productive maintenance" (see fig. 3.55), indicating a reduction of downtime and loss and the resulting improvement in financial performance. Implementation of the "totally productive maintenance" using software Normative 2011 can be expected synergies, which not only results in reduced downtime and loss, but also in a more objective production planning due to more accurate data.

### III. Seznam digitálních příloh

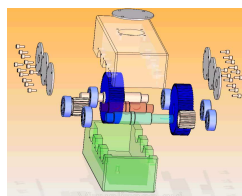
#### Dataloger mereni



#### Dotaznikove setreni 2011 a 2009



#### Vizualizace



#### Vykresova dokumentace jpg

#### Výkresová dokumentace solid edge

